



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

CENTRO ACADÉMICO Y DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS, SOCIALES
Y TECNOLÓGICAS DE LA AGROINDUSTRIA Y LA AGRICULTURA MUNDIAL

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN ESTRATEGIA AGROEMPRESARIAL

**PROMOCIÓN DE LA DIGITALIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN
CITRÍCOLA DE PUEBLA Y VERACRUZ**

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:
MAESTRO EN CIENCIAS EN ESTRATEGIA AGROEMPRESARIAL



Presenta:

OMAR LEVI CRUZ MORAZÁN

Bajo la supervisión de:

DR. GUSTAVO ALMAGUER VARGAS

Chapingo, Estado de México a octubre 2025

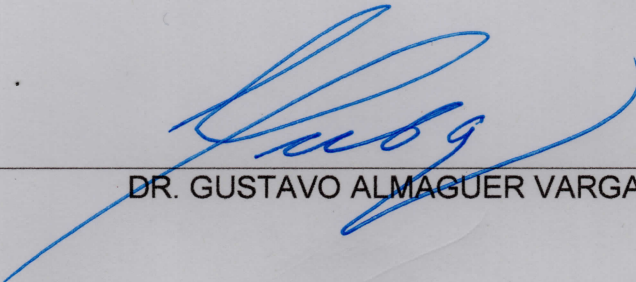


PROMOCIÓN DE LA DIGITALIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN CITRÍCOLA DE PUEBLA Y VERACRUZ

Tesis realizada por **OMAR LEVI CRUZ MORAZÁN**, bajo la supervisión del comité indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

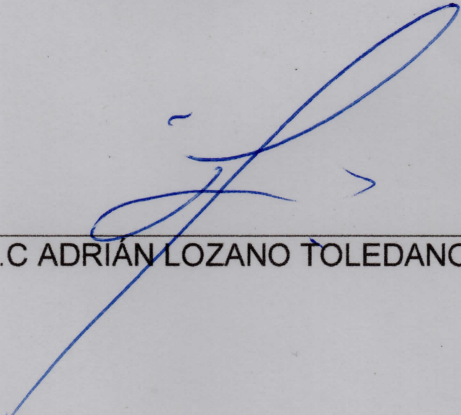
MAESTRO EN CIENCIAS EN ESTRATEGIA AGROEMPRESARIAL

DIRECTOR



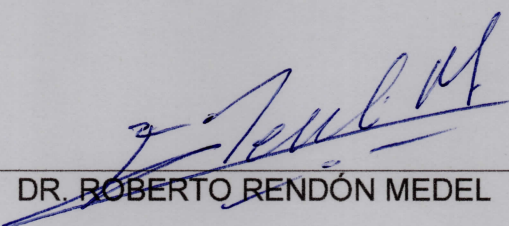
DR. GUSTAVO ALMAGUER VARGAS

ASESOR



M.C. ADRIÁN LOZANO TOLEDANO

ASESOR



DR. ROBERTO RENDÓN MEDEL

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Antecedentes.....	2
1.2	Justificación	3
1.1	Planteamiento del problema	4
1.3	Objetivos.....	5
1.1.1	Objetivo general.....	6
1.1.2	Objetivos específicos	6
1.1.3	Preguntas de investigacion	6
1.4	Hipótesis.....	7
1.5	Estructura de la tesis	7
2	MARCO TEÓRICO.....	9
2.1	Industria 4.0 (I4.0)	9
2.1.1	Industria 5.0	10
2.2	Inteligencia artificial (IA) y sus tecnologías asociadas	11
2.2.1	Machine Learning (M.L)	12
2.2.2	Big Data (B.D).....	12
2.2.3	Cloud Data (C.D).....	13
2.2.4	Cyber-Seguridad (C.S).....	13
2.2.5	Internet de las cosas (IoT)	13
2.3	Agricultura 4.0 (A4) y Agricultura de precisión (AP).....	14
3	MARCO DE REFERENCIA.....	16

3.1	Investigación científica sobre digitalización en México	16
3.2	Índices de conectividad agrícola en México y Latinoamérica	20
3.2.1	Ranking ITU	20
3.2.2	Índice de conectividad significativo rural (ICSr)	21
3.2.3	Las tecnologías de la información y comunicación en México	22
4	METODOLOGÍA.....	24
4.1	Población sujeta de estudio.....	25
4.1.1	Delimitación espacial	25
4.1.2	Fuentes de información.....	28
4.1.3	Métodos e instrumentos de colecta.....	28
4.1.4	Métodos de análisis	29
4.1.5	Metodología para la realización de propuestas.....	30
5	DISCUSIÓN Y RESULTADOS	31
5.1	Descripción de la población de estudio productores y técnicos.....	31
5.2	Problemática principal, el dragón amarillo	32
5.3	Dispositivos y tecnologías digitales más usadas	34
5.3.1	Uso del celular	35
5.3.2	Prueba de chi cuadrada para usuarios de celular	37
5.3.3	Uso de la computadora	38
5.3.4	Prueba de chi cuadrada para usuarios de computadora.....	39
5.3.5	Las notas en papel como la herramienta preferencial.....	39
5.4	El uso de la IA y su percepción para la agricultura	41
5.4.1	Beneficios esperados sobre la digitalización con IA	43

5.5	Panorama general de los productores y técnicos	44
5.6	Situación de los factores técnicos de los productores	46
5.6.1	Disponibilidad de internet.....	47
5.6.2	Disponibilidad eléctrica	49
5.7	Habilidades digitales.....	50
5.8	Condiciones y tendencias de los proveedores	51
5.8.1	Hispace México.....	52
5.8.2	Nax Solutions	53
5.9	Usuarios reales de las tecnologías digitales	54
5.9.1	Condiciones mencionadas	54
5.9.2	Tendencias	56
5.10	Propuesta para promover la agricultura 4.0.....	57
5.10.1	Guía para usar IA.....	58
5.10.2	Sesiones “micro” de capacitación	59
5.10.3	Bitácora	60
5.10.4	Integración en las ESCAMP.....	61
5.11	Retos de la agricultura 4.0 en el futuro	62
5.11.1	Personal capacitado.....	62
5.11.2	Impacto económico	62
5.11.3	Impacto social	63
5.11.4	Impacto ecológico	64
6	CONCLUSIONES.....	65
7	RECOMENDACIONES	67

8	LITERATURA CITADA.....	68
9	Apendice	73
9.1	Capacidades de adopción de innovaciones digitales con inteligencia artificial (IA).....	73
9.2	Encuesta a empresas	77
9.3	Ejemplos de instrucciones para la IA.....	80
9.4	Propuesta de micro clases	81
9.5	Propuesta bitácora.....	86

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Comparación de las tecnologías de la agricultura 4.0 y la agricultura de precisión.....	15
Cuadro 2. Resultados del ranking ITU	21
Cuadro 3. Resultados ICSr en Latinoamérica.....	22
Cuadro 4. Fuentes de información.....	28
Cuadro 5 Nivel de estudios, promedio de años de experiencia, edad y participación de hombres y mujeres en la población de estudio	32
Cuadro 6. Desglose de la participación de los dispositivos digitales y notas en papel en la población de estudio.....	34
Cuadro 7. Prueba de chi cuadrada para usuarios de celular	37
Cuadro 8. Prueba de chi cuadrada para usuarios de computadora.....	39
Cuadro 9. Calificación promedio de habilidades digitales en productores y técnicos.....	50
Cuadro 10. Productos y servicios ofrecidos por la empresa 1	52
Cuadro 11. Productos y servicios ofrecidos por la empresa 2	53
Cuadro 12. Requisitos necesarios mencionados por las empresas.....	56
Cuadro 13. Micro capacitaciones propuestas	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de tesis.....	8
Figura 2. Tecnologías de la Industria 4.0	9
Figura 3. Tecnologías en la industria 5.0	11
Figura 4. Producción científica de artículos sobre IA en la agricultura mundial por año.....	17
Figura 5. Producción de artículos respecto a la IA en la agricultura por Pais ...	18
Figura 6. Producción científica por pais sobre el IoT en la agricultura.....	18
Figura 7. Producción de artículos científicos relacionados con el IoT en la agricultura	19
Figura 8. Uso del internet en el ámbito rural y urbano	23
Figura 9. Usuarios de teléfono celular según entidad federativa	24
Figura 10. Estados donde se llevó a cabo la investigacion.....	25
Figura 11. Municipio de Álamo Temapache	26
Figura 12. Municipio de Ayotoxco de Guerrero.	27
Figura 13. Problemas con mayor frecuencia en la producción de cítricos	33
Figura 14. Grupos que utilizan el celular.....	36
Figura 15. Grupos que utilizan la computadora	38
Figura 16. Grupos que utilizan las notas en papel.....	41
Figura 17. Percepción de los productores sobre la digitalización	43
Figura 18. Red de distribución de los dispositivos en productores	44
Figura 19. Red de distribución de los dispositivos en los técnicos.....	46
Figura 20. Tipo de conexión en los productores	47
Figura 21. Calidad de la conexión a internet de los productores	48
Figura 22. Calidad eléctrica de los productores	49
figura 23. metodología propuesta como las 5p para realizar preguntas	59

ABREVIATURAS UTILIZADAS

IA: Inteligencia artificial

IoT: Internet de las cosas

I4.0: Industria 4.0

R.A: Realidad aumentada

B.D: Big Data

M.L: Machine learning

C.D: Cloud Data

C.S: Cyber Seguridad

A4: Agricultura 4.0

TIC's: Tecnologías de la información y la comunicación

AP: Agricultura de precisión

ESCAMP: Escuelas campesinas

ODS: objetivos de desarrollo sustentable

UP: unidades de producción

DEDICATORIA

A mi madre, **Delma**, por su inquebrantable apoyo y felicitación en mi camino de preparación. Siempre será el pilar que sostiene mi esfuerzo e inspiración para continuar creciendo como persona y ser mejor cada día. Gracias por todo el apoyo incondicional a lo largo de estos años.

A mi familia, por acompañarme en este proceso, y sin reservas, me brindaron todo el apoyo que necesitaba. Muchas gracias.

A mis amigos de la maestría; a **Sócrates**, por impartirme la valiosa lección de soltar el estrés y confiar en el tiempo; a **Sara y Lilian**, por enseñarme que la espontaneidad es fuente de memorias imborrables; y a **Luis**, por mostrarme la importancia de la autenticidad, sin temor a la opinión ajena.

A **Belén**, quien en estos dos años estuvo presente en cada instante que necesité apoyo, dando lugar a una amistad y compañía significativa. Agradezco sinceramente sus charlas, consejos, todos los momentos, y los puntos de vista que compartió sobre la academia, y, la vida.

Finalmente, mis inseparables compañeras, mis gatas **Petra y Cuba**, cuya compañía fue incondicional sin importar la hora, el día o el clima.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Chapingo** y al **Centro de Investigaciones Económicas, Sociales, Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial** (CIESTAAM) por brindarme las herramientas académicas para formarme como profesional, por la excelencia en la educación y el ameno ambiente académico. Gracias.

A la **Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación** (Secihti). Que me otorgó una beca para financiar mis estudios de posgrado.

Al **Dr. Gustavo**, quien, desde el primer día, mostro un entusiasmo por la investigación, por ayudarme a lograr este hito, además de mantener una mente abierta a las cosas nuevas con una visión moderna del futuro; por su guía y enseñanza en esta etapa. Gracias.

Al **Maestro Adrián**, cuyas siempre atinadas observaciones me impulsaron constantemente a reflexionar y mejorar. Agradezco profundamente sus valiosas preguntas, así como el conocimiento y la experiencia invaluable que compartió a lo largo de este proceso. Gracias.

Al **Dr. Roberto**, quien me facilitó todas las herramientas necesarias durante sus clases para cumplir con mis objetivos, además de enseñarme a fomentar mis relaciones, a salir de mi zona de confort, su enseñanza durante estos años fueron determinantes para lograr este momento. Gracias.

DATOS BIOGRÁFICOS

Omar Levi Cruz Morazán nació el 24 de mayo de 1997 en Texcoco, Estado de México. En 2017 comenzó sus estudios en el propedéutico en la Universidad Autónoma Chapingo, posteriormente cursando la licenciatura en ingeniería Agroindustrial, donde se desempeñaría como jefe de grupo durante dos años.



Se graduó en 2022, y durante su formación académica participo en la elaboración del manual de reproducción de microorganismos benéficos para producción de granos, en el Centro de Desarrollo Tecnológico Villadiego, Guanajuato perteneciente a FIRA.

Además, a finales del mismo año, se integró a la mejora de los procesos de panificación de microempresas en la zona de Boyeros, Texcoco donde se desarrollaron propuestas de nuevos productos. En 2023, culmino la capacitación para el extensionismo digital impulsado por el IICA y asistió al XV congreso mexicano de inteligencia artificial donde conoció las nuevas tecnologías digitales para el campo.

Es así como durante el periodo de 2023-2025, se integró como estudiante a la maestría en ciencias en estrategia agroempresarial, en CIESTAAM, y participando como ponente en el congreso nacional de ciencias agronómicas 2025.

RESUMEN GENERAL

PROMOCIÓN DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LA PRODUCCIÓN DE CÍTRICOS¹

La producción de cítricos en México enfrenta problemas como, el cambio climático, enfermedades y plagas, que han afectado los productos del sector. Simultáneamente, la agricultura experimenta cambios con la introducción de nuevas tecnologías de la agricultura 4.0, donde herramientas como la inteligencia artificial, comienzan a tener mayor importancia para fines agrícolas en México. Este estudio buscó realizar una propuesta para iniciar la promoción e implementación de IA, en la toma de decisiones en la producción de cítricos en Veracruz y Puebla, con la finalidad de que puedan llegar a casos de uso reales y que los productores rurales inicien a digitalizarse de manera escalonada. Se realizaron ochenta y tres encuestas a productores y técnicos, junto con dos entrevistas a empresas vinculadas a estas tecnologías. Los resultados obtenidos permitieron la revisión de las capacidades de adopción de innovaciones digitales, analizando si existen condiciones necesarias para comenzar a digitalizar sus operaciones. Los hallazgos clave incluyeron i) entre los productores existe un nivel de educación considerable, que favorece la adopción de tecnología ii) existe un desconocimiento y poco acceso a tecnologías digitales tanto en productores y técnicos iii) acceso limitado en cobertura de internet y energía, pero asequible en determinadas condiciones mediante un teléfono celular iv) las mujeres demostraron mayor dominio y experiencia en temas digitales, y v) las empresas mencionan como factores clave la organización e interés en adoptar herramientas digitales, como determinantes para que las nuevas tecnologías penetren entre los productores más pequeños. Esto permitió generar una propuesta, complementada con esquemas de las Escuelas Campesinas (ESCamp) para compartir y difundir las nuevas tecnologías, y que encuentren un lugar entre sus actividades agrícolas, contribuyendo a una transición escalonada hacia una agricultura de vanguardia; asimismo, se señalan retos y observaciones que se recomiendan para futuras investigaciones.

Palabras clave: Agricultura 4.0, Inteligencia artificial, Escuelas campesinas, toma de decisiones, adopción

¹ tesis de Maestría en Ciencias en Estrategia Agroempresarial, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Omar Levi Cruz Morazán

Director de tesis: Dr. Gustavo Almaguer Vargas

1. GENERAL ABSTRACT

PROMOTION OF THE DIGITAL TRANSFORMATION OF CITRUS PRODUCTION¹

Citrus production in México faces challenges such as climate change, diseases, and pests, which affected the sector's output. At the same time, agriculture is undergoing changes with the introduction of Agriculture 4.0 technologies, where tools like artificial intelligence are becoming increasingly important for agricultural purposes in México. This study aimed to propose strategies for promoting the implementation of AI, in decision-making processes for citrus production in Veracruz and Puebla, with the goal of achieving real-world application cases and initiating scalable digitalization among rural producers. Eighty-three surveys were conducted with producers and technicians, along with two interviews with companies linked to these technologies. The results obtained enabled an assessment of the capacity to adopt digital innovations, analyzing whether the necessary conditions for digitalizing their operations are in place. Key findings include: i) a considerable level of education among producers, which favors the adoption of new technologies; ii) limited access and awareness of digital technologies among both producers and technicians; iii) restricted coverage of energy and internet services, although accessibility is feasible under certain conditions via mobile phones; iv) women demonstrated greater enthusiasm and experience in using digital tools; and v) companies identified organization and interest in adopting digital tools as critical factors for the uptake of new technologies among small-scale farmers. These insights led to the development of a proposal, complemented by the Farmer Field Schools framework (ESCOMP), to share and disseminate these new technologies with the expectation that farmers will integrate them into their agricultural activities. This approach aims to provide pathway for a gradual transition toward advanced farming. In addition, the study highlights challenges and observations to be addressed in future research.

Keywords: Agriculture 4.0, Artificial Intelligence, Citrus, Decision-making, Adoption

¹ Master's Thesis in Science in Agribusiness Strategy, Universidad Autónoma Chapingo.

Author: Omar Levi Cruz Morazán

Thesis Advisor: Dr. Gustavo Almaguer Vargas

1 INTRODUCCIÓN

La creciente población mundial, que en noviembre de 2022 alcanzó los 8 mil millones de personas y se proyecta que se alcancen los 9 mil millones para 2037 (Worldmeters, 2022), ha comenzado a ejercer aún más presión en la producción de alimentos en el sector agrícola (Finger, 2023), pues se debe asegurar la producción de alimentos. En ese sentido, para mantener tal producción, se debe tomar en cuenta la sostenibilidad, tanto es así que la agricultura está considerada en los objetivos de desarrollo sustentable (ODS) (Hambre cero ODS2, Producción y consumo responsable ODS12, Cambio climático ODS13 y Vida en tierra ODS15) dictados por las naciones unidas (UN) para el 2030 (Hansen et al., 2022) (Wolfert & Isakhanyan, 2022). Sin embargo, lograr esto es un reto complejo que cambia de acuerdo con el país, a sus condiciones sociales, políticas y económicas.

En los últimos años, para lograr dicha sostenibilidad productiva en el sector agrícola, se ha comenzado a implementar la digitalización de procesos, esto se conoce como la cuarta revolución industrial (I4.0) o para el caso del campo la agricultura 4.0 (A4). Este término es mencionado por primera vez en 2011 por el gobierno alemán como parte de sus intentos por impulsar las “altas tecnologías” en el sector industrial, y describe una versión donde la producción o fabricación, junto a todos sus procesos estén interconectados basándose en un conjunto de tecnologías habilitadoras como el Big Data (B.D) , la inteligencia artificial (IA) , la robótica y el internet de las cosas (IoT) entre otras, estas tecnologías permiten que las máquinas, los procesos y los sistemas se conecten y se comuniquen entre sí, lo que da lugar a una nueva forma de producción más eficiente, flexible y adaptable (Buenrostro Mercado, 2022; Kagermann et al., 2011).

1.1 Antecedentes

Para el caso de la producción de cítricos en México esta situación no es diferente. Existen pocas investigaciones que presenten estudios de caso orientados a lograr un avance significativo hacia una digitalización agrícola. Por ello, resulta relevante retomar el tema de la transformación digital del campo. Según Buenrostro Mercado, (2022), la transición hacia la I4.0 representa un proceso complejo para las pequeñas y medianas empresas en México, ya que requiere una planeación que permita modificar los procesos establecidos e integrarse en este nuevo paradigma de producción, que sucede de manera similar para la adopción de tecnologías en la agricultura.

En las investigaciones disponibles, se destacan la importancia de la digitalización, pero pocas explican cómo llevarla a cabo, por donde debemos empezar o que tecnologías son realmente aplicables en el contexto agrícola mexicano actual.

Ahora bien, los desafíos que enfrenta la producción de cítricos para innovar y avanzar hacia la A4 son igualmente complejos y difíciles de abordar. Finger, (2023) señala que las innovaciones digitales para la agricultura de precisión (AP) como el IoT o la robótica, pueden contribuir a una agricultura más sostenible y resiliente ante factores climáticos. Sin embargo, a pesar de su alto potencial, la innovación tiene un costo, dificultad de acceso y un diseño frecuentemente orientado a grandes producciones. Como se observa en los resultados, esto los vuelve poco rentables para pequeños o micro productores, quienes manifestaron dudas sobre invertir en herramientas digitales. En este proceso de transición, solo aquellos que puedan adoptar este tipo de innovaciones podrían mejorar su competitividad, mientras quienes no puedan, podrían verse en desventaja.

1.2 Justificación

De acuerdo con INEGI (2015), solo el 7.9% de las unidades productivas (UP) utilizaban alguna tecnología de la información en sus operaciones. Sin embargo, la *Encuesta Nacional Agropecuaria 2019*, evidenció que el 37.7% de las UP incorporaron tecnologías informáticas de la comunicación en las actividades agropecuarias, siendo el teléfono celular, el más empleado hasta en un 88.1% (INEGI & IFT, 2023). A pesar de que este avance en un periodo relativamente breve, persisten barreras que dificultan la transición digital, como la falta de políticas y marcos legislativos que apoyen el despliegue de las nuevas tecnologías, pues junto a la falta de mano de obra calificada, la resistencia al cambio, educación, ingreso y tamaño del productor, son algunos factores que evitan la transformación digital (Wolfert & Isakhanyan, 2022).

Sotomayor et al., (2021) mencionó, que el uso de las tecnologías digitales más recientes en el sector agroalimentario mexicano continúa siendo bajo, manteniéndose concretamente en un nivel correspondiente a la agricultura 3.0 o revolución verde en gran parte del país. Esta brecha es más pronunciada en productores de pequeña escala, particularmente en el sur, en contraste con las grandes agro empresas del norte. De acuerdo con la *Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares* (ENDUTIH 2022), el teléfono celular el dispositivo más usado, Baja California reportó 89.5% de usuarios, Ciudad de México con 87.7% siendo los estados con mayor número de usuarios, mientras que, los estados de Chiapas con 61.2%, Oaxaca 64.2% y Guerrero con 67% registraron los porcentajes más bajos.

En cuanto a la producción científica nacional sobre el tema, la base de datos de Scopus indica que, mediante las palabras de “Artificial intelligence”, “agricultura” y “México”, desde el año 2000 hasta el 2024, existen 11 artículos científicos relacionados, lo que significa que se ha realizado menos de un artículo por año sobre temas de digitalización y la aplicación de la IA en el campo mexicano. En contraparte, existen 518 artículos para el resto del mundo bajo las mismas

palabras clave, y a su vez solo existen 2 artículos que mencionan bajo distintos experimentos la toma de decisiones con métodos digitales.

Este panorama evidencia, un rezago en seguir modernizando e innovando digitalmente al campo. Por ello, resulta imperativo abordar el desafío de incentivar la digitalización en las comunidades rurales, en este caso de cítricos. Esta intervención no solo puede contribuir a la mejora y sostenibilidad de la producción agrícola, sino también generar propuestas y preguntas relevantes para futuras investigaciones.

1.1 Planteamiento del problema

La industria 4.0 fue presentada en 2011 en Alemania, como parte de una nueva visión de producción orientada a la automatización y digitalización (Kagermann et al., 2011). A diferencia de la industria 3.0, esta incorpora diversas herramientas, como la inteligencia artificial (IA), robots autónomos, el internet de las cosas (IoT), blockchain, machine learning (ML) entre otras. Sin embargo, su implementación requiere condiciones específicas, como el acceso a internet y el desarrollo de habilidades digitales por parte de los usuarios. Estos factores representan un reto que enfrentarán los pequeños agricultores para adoptar estas tecnologías y mantenerse competitivos.

La A4, entendida como la aplicación de tecnologías digitales a las cadenas de valor agrícolas, consideradas como una posible aportación a la sostenibilidad alimentaria, mencionada en los Objetivos de Desarrollo Sustentables (ODS) de la ONU. En ese contexto, la presente investigación propone la A4 como una posible vía de solución para optimizar el uso de recursos naturales, como el suelo, agua o insumos como los fertilizantes tomando decisiones más informadas y basadas en datos.

No obstante, la adopción de herramientas digitales en la toma de decisiones de los pequeños productores es el desafío central. La revisión teórica evidencia que en México se presenta una brecha de investigación en torno a la incorporación de innovaciones digitales en pequeños sistemas agrícolas. Donde no se

presentan metodologías que orienten al productor en su transición a la digitalización desde su contexto; por el contrario esta transición avanza a medida que estas son aceptadas por la industria, la cual es lenta, y excluyente para aquellos que carecen de los factores necesarios (Demir et al., 2019; Raja Santhi & Muthuswamy, 2023).

La investigación, se centró en buscar propuestas para incentivar la implementación de herramientas digitales como la IA, para recopilar y analizar información que permita mejorar la toma de decisiones en procesos de producción y contribuir a la solución de problemas de los agricultores de cítricos en Álamo, Veracruz y Ayotoxco de Guerrero, Puebla; quienes se enfrentan a retos relacionados con el cambio climático, gestión de recursos naturales como el agua, uso de agroquímicos y plagas como el “dragón amarillo” que ha provocado la pérdida de árboles de cítricos, diezmando la producción.

Para cumplir con el objetivo, fue necesario reconocer las condiciones técnicas y sociales de los productores, de modo que puedan prepararse para el uso de IA y la integración a un mundo cada vez más digital. A partir de los resultados obtenidos, se generaron propuestas orientadas a facilitar a los productores agrícolas un inicio en la digitalización y fomentar su interés en profundizar en esta.

Se realizó una encuesta entre los agricultores para evaluar sus competencias digitales, constatar sus factores habilitadores, percepción sobre la digitalización y principales desafíos percibidos. Lo cual nos permitió identificar las acciones necesarias para fortalecer su capacidad de adopción de tecnológica y establecer un punto de partida práctico que facilite la implementación práctica de la IA en sus operaciones en el futuro.

1.3 Objetivos

A continuación, se describe el objetivo general y los objetivos específicos perseguidos. Asimismo, para cada objetivo específico, se propuso una pregunta de investigación.

1.1.1 Objetivo general

Promover la transición hacia el uso de herramientas digitales, evaluando la capacidad técnica y socioeconómica de los productores para adoptar tecnologías como la IA, para la toma de decisiones basada en datos, a través de encuestas, y generar una propuesta que fomente el uso de dichas herramientas en los productores, a fin de integrar más tecnología en el manejo de sus plantaciones y acervo de conocimientos.

1.1.2 Objetivos específicos

1. Realizar el diagnóstico de los factores que permiten la implementación de tecnologías digitales en las zonas de estudio, a través de encuestas sobre sus habilidades digitales y su acceso a servicios de comunicación.
2. Identificar los requisitos para la integración efectiva de soluciones de IA en la agricultura, con encuestas a empresas proveedoras, para conocer los requisitos técnicos y económicos que solicitan.
3. Generar una propuesta analizando la información obtenida a fin de preparar a los agricultores para la transformación digital.

1.1.3 Preguntas de investigación

1. *¿Cuál es la situación actual de los factores técnicos y habilidades digitales de los agricultores?*
2. *¿Con que factores o acciones es posible llegar a casos prácticos de aplicación de inteligencia artificial en la gestión de decisiones con proveedores?*
3. *¿Qué estrategias pueden facilitar la preparación de un agricultor para hacer uso de la inteligencia artificial en sus prácticas agrícolas?*

1.4 Hipótesis

Las condiciones sociotécnicas actuales de los productores son suficientes para iniciar la implementación de IA en la producción de cítricos en las zonas de Ayotoxco de Puebla y Álamo Veracruz.

La IA y las herramientas digitales se pueden acercar como soluciones viables para solucionar los problemas que presentan los agricultores, como la toma de decisiones.

1.5 Estructura de la tesis

Este trabajo se compone de 8 secciones, como se puede observar en la figura 1, en la primera sección se aborda la introducción, describiendo antecedentes y justificación, así como un contexto global hacia la I4.0, a su vez la problemática, objetivos, preguntas de investigación e hipótesis correspondientes.

El marco teórico y referencial son las secciones 2 y 3, donde se revisan conceptos importantes y la contextualización de la investigación sobre la agricultura digital en el mundo, y una comparativa del mismo tema en México.

El apartado 4 es la metodología, donde se revisa la población de estudio y las zonas de trabajo. También describiendo la metodología y la forma de análisis de los datos.

En el apartado 5 se presentan los resultados y se discute con la teoría, las conclusiones son la sección 6, donde se presentan los hallazgos más importantes, seguidos de la sección 7 se encuentran las recomendaciones del estudio.

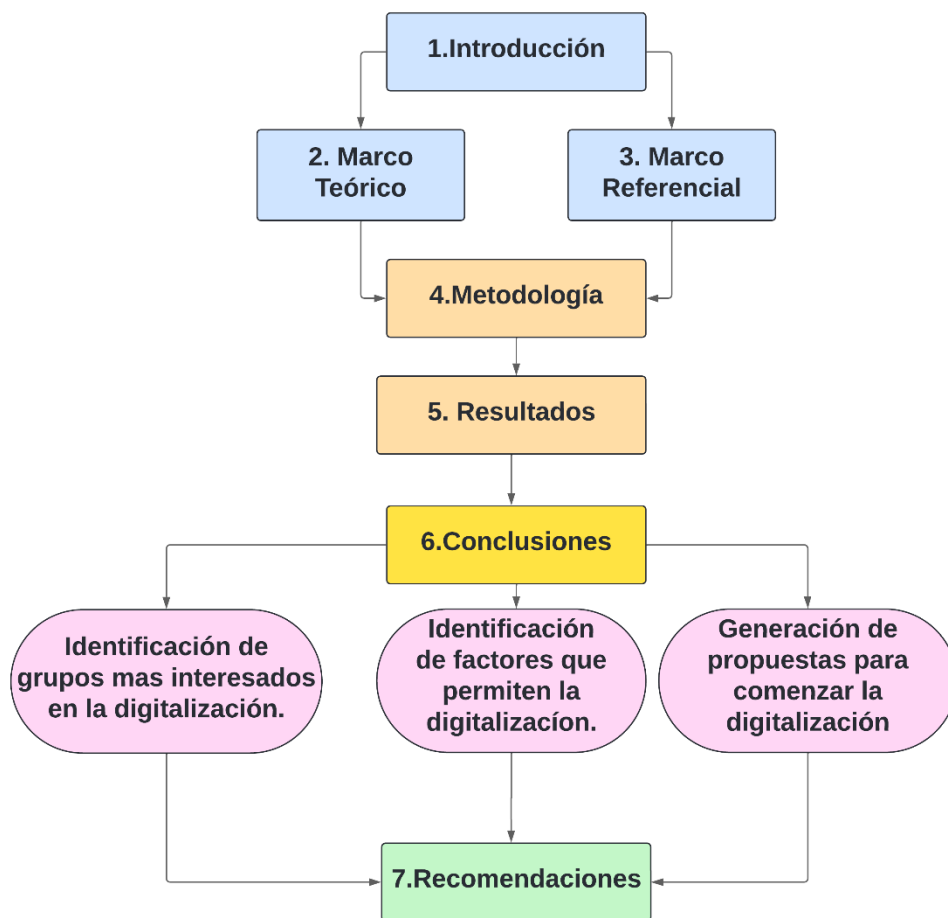


Figura 1. Estructura de tesis

FUENTE: Elaboración propia

2 MARCO TEÓRICO

Para poder comprender la naturaleza de esta investigación a continuación se desarrollan algunos conceptos clave.

2.1 Industria 4.0 (I4.0)

La I4.0 en el sector industrial, se describe como un modelo donde la producción o fabricación, y sus procesos se encuentran interconectados mediante un conjunto de tecnologías habilitadoras, como el Big data (B.D), la inteligencia artificial (I.A), la robótica, el cloud data (C.D) y el internet de las cosas (IoT) entre otras, como se muestra en la figura 2. Estas tecnologías permiten que las máquinas, los procesos y los sistemas se comuniquen entre sí, generando un entorno de producción más eficiente, flexible y adaptable. El término 14.0 se ha utilizado para encapsular un cambio de paradigma en la economía desde que se presentó el informe del Grupo de Trabajo de la Alianza de Investigación Industria-Ciencia al Canciller alemán y se lanzó la Plataforma Industria 4.0 en la Feria de Hannover de 2013 (Kagermann et al., 2011).

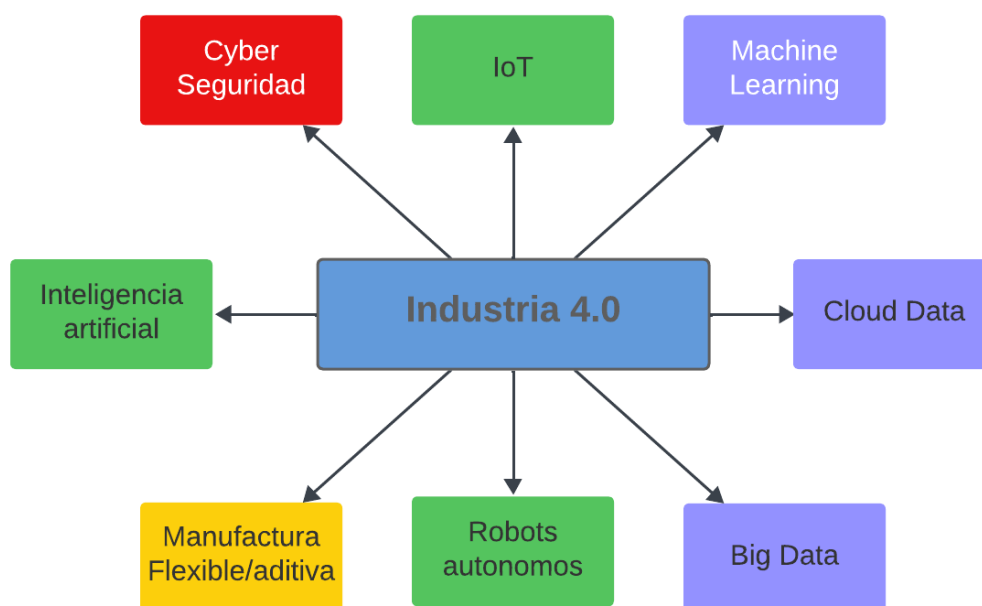


Figura 2. Tecnologías de la Industria 4.0

FUENTE: Elaboración propia con datos de Buenrostro (2022) & Barton et. al (2022)

Otra definición que Buenrostro Mercado, (2022) menciona destaca que la I4.0 implica la incorporación de sistemas ciber físicos (como el IoT) que se articulan para producir de manera autónoma mediante el intercambio y análisis de información. Este enfoque abarca no solo los procesos de producción en sí sino también otros aspectos como logística, modelos de negocio, estructura productiva, entre otros elementos de las cadenas de valor.

Para esta investigación, la cuarta revolución industrial se entiende como la transformación de la industria a través de la digitalización y la conectividad habilitada por Internet, buscando la automatización y reducir la intervención humana en el proceso de producción.

2.1.1 Industria 5.0

Aunque el concepto de I4.0 es relativamente reciente, las investigaciones más recientes ya se aborda la siguiente fase, la industria 5.0. Esta propone la colaboración entre los humanos y las maquinas, para poder lograr una producción más flexible y personalizada. Por ende, está siendo descrita como una evolución que busca subsanar las limitaciones que la I4.0 pueda traer (Wolfert & Isakhanyan, 2022). Las tecnologías que se presentan en la fase 5, son aquellas que involucran la presencia de un operador, como la realidad aumentada, los gemelos digitales, los robots colaborativos, el internet de todo, el blockchain, computación cognitiva entre otros como se muestra en la figura 3 (Raja Santhi & Muthuswamy, 2023). De acuerdo con Nahavandi, (2019) & Demir et al., (2019) la industria 4.0 se enfoca en la automatización de los procesos de manera inteligente y organizada, y sentar las bases para la digitalización industrial; Pero, al centrarse casi exclusivamente en la eficiencia de los procesos, inadvertidamente ignora el costo humano resultado de la optimización. Por lo tanto, la industria 5.0 considera, traer de vuelta a los trabajadores, para que se

genere una sinergia entre el humano y las máquinas automáticas, siendo estas asistentes de los humanos y no sus competidores.

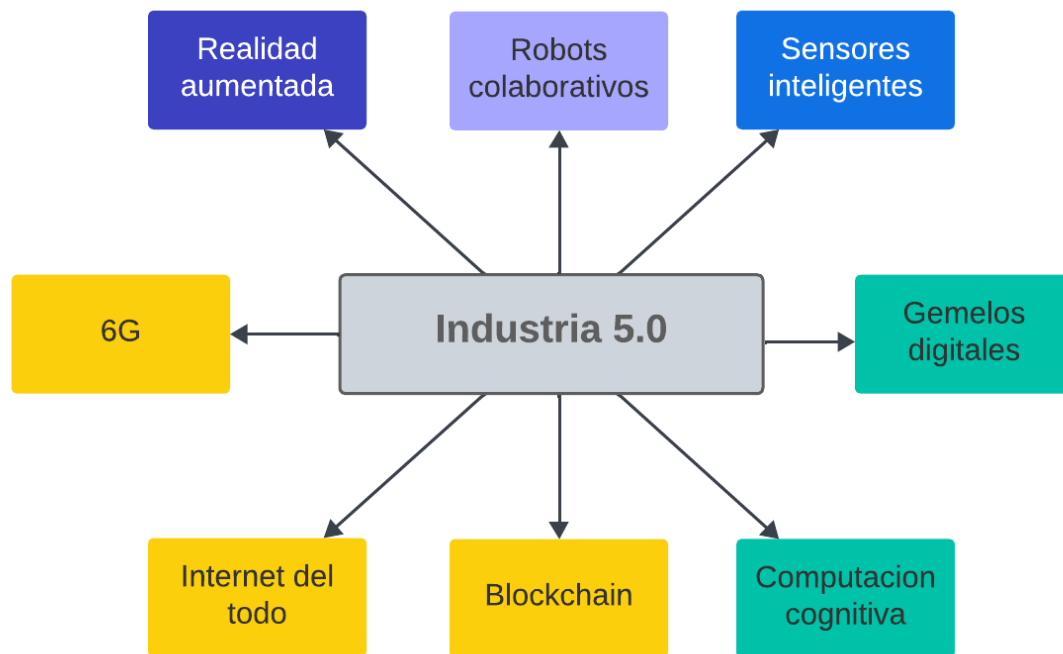


Figura 3. Tecnologías en la industria 5.0

FUENTE: Elaboración propia con datos de Abirami & Padmakumar (2023)

2.2 Inteligencia artificial (IA) y sus tecnologías asociadas

En la actualidad, la IA se despliega en campo junto a otras tecnologías como las mencionadas en la figura 2, siendo estas tecnologías parte de la I4.0, esto en gran medida por la generación de datos producto de la digitalización, en los distintos aspectos de la vida moderna, y la consecuente necesidad de administrarlos, analizarlos y asegurarlos. Por ello, a continuación, se define el concepto de IA y las principales herramientas vinculadas a ella.

El termino IA, fue acuñado en 1956 durante la conferencia de Dartmouth College, en Hanover Estados Unidos. En dicho encuentro, considerado el punto de partida formal de la disciplina de la IA, John McCarthy fue uno de los organizadores, fue el primero en acuñar el término “Inteligencia artificial”, desde entonces la

expresión ha tomado una importante relevancia. En su concepción inicial, la IA se definió como la simulación con máquinas de distintas facultades de la inteligencia, ya sea de la inteligencia humana, animal, vegetal, social o filogenética, aunque esta definición obedece más al enfoque filosófico de la inteligencia que sus aplicaciones técnicas actuales (Ryan, 2022).

Definiciones más recientes, Garcia-Serrano & Ossowski, (2018) & Cabanelas Omil, (2019) sostienen, que la IA se considera como la habilidad y capacidad de una computadora, red de computadoras o red de robots controlados por computadoras para realizar las tareas comúnmente asociadas a seres humanos, tales como la creatividad, sensibilidad, aprendizaje, uso del lenguaje entre otros, adaptando esta definición a los más recientes avances en IA.

2.2.1 Machine Learning (M.L)

En el contexto de la I4.0, la IA se complementa con tecnologías que permiten que tenga un mejor desempeño, una de estas es el machine learning (M.L), Raja Santhi & Muthuswamy, (2023) mencionaron que el M.L se constituye como una rama de la IA que usa datos, algoritmos y software para realizar predicciones con más precisión a través del aprendizaje estadístico. Explicaron que esta funciona aprendiendo de forma automática a partir de datos históricos suministrados, para mejorar gradualmente sus capacidades de precisión de las predicciones. En consecuencia, el M.L permite que los sistemas conectados transfieran datos y mejoren los procesos de forma autónoma mediante los algoritmos de la IA.

2.2.2 Big Data (B.D)

Esta herramienta, se encuentra muchas veces trabajando en conjunto con la IA y el Cloud Data (C.D) por su sinergia para trabajar y algunas veces también considerada como una subrama de la IA. El termino surgió en 1960, con los primeros sistemas de bases de datos, pero con el internet y el IoT creció exponencialmente, el B.D se refiere a los grandes volúmenes, variedad y veracidad de datos generados, que requieren análisis avanzados para extraer información y conocimiento útil para las organizaciones; Sus usos son que, en

conjunto con el M.L y la IA permite hacer análisis descriptivos, predictivos, prescriptivos y preventivos para por ejemplo adquirir y retener clientes, publicidad dirigida, desarrollo de productos, optimización de precios, gestión de riesgos y toma de decisiones rápida(Raja Santhi & Muthuswamy, 2023).

2.2.3 Cloud Data (C.D)

Con el creciente desarrollo de la tecnología, la cantidad de datos aumenta constantemente, lo que dificulta su análisis, organización y almacenamiento. El Cloud Data o Cloud Computing, es otra herramienta en la I4.0 que se refiere a la prestación de servicios de red y computación a través del internet, por ejemplo, servidores, almacenamiento de datos, bases de datos, redes, organización y análisis de datos, entre otros; Entre las ventajas que puede ofrecer se mencionan la fiabilidad, escalabilidad y la gestión centralizada de datos (Raja Santhi & Muthuswamy, 2023). Para el uso “civil” existen las opciones del “ICloud” o “Google Drive” como ejemplos de esta herramienta.

2.2.4 Cyber-Seguridad (C.S)

Finalmente, como parte de estas tecnologías en su manejo, generación y almacenamiento de datos existen siempre riesgos. En varios artículos de la teoría; se menciona implícitamente el riesgo a cyber-ataques, hackeos, virus, phishing, robo de datos y uso no ético de los datos recopilados (Finger, 2023).

Entonces, esto implica que se debe considerar dentro de las tecnologías de la I4.0, la cyber-seguridad como una herramienta para proteger los datos recopilados y compartidos, sobre todo si estos se comparten con servicios en la nube(Barton et al., 2022).

2.2.5 Internet de las cosas (IoT)

No hay un término único para definir el internet de las cosas, pues abarca elementos tecnológicos interconectados entre sí, que evolucionan con el tiempo. Barton et al., (2022) menciono que el IoT incluye elementos o equipos que están típicamente conectados mediante redes, capaces de medir y transmitir datos a

un sistema de comunicación más sofisticado (Machine to Machine) lo que permite recopilar y transmitir datos de procesos industriales de forma remota, por ello, la conectividad es extremadamente esencial, y una conexión estable como la 5G es deseable.

Por otra parte Finger, (2023) describe que el IoT se refiere a la interconexión digital de objetos físicos del mundo real a través de Internet para poder recopilar y compartir datos de forma automática. Mencionó una aplicación en la agricultura, como sensores en suelos, cultivos y animales para monitorear variables ambientales y de salud; Maquinaria y equipos agrícolas con sensores que permitan su monitoreo y gestión remota; sistemas de riego, iluminación, ventilación conectados y gestionados de forma automatizada a fin de permitir recopilar y compartir datos de forma inalámbrica y en tiempo real entre los diferentes dispositivos, facilitando la AP, toma de decisiones y gestión remota de las explotaciones.

2.3 Agricultura 4.0 (A4) y Agricultura de precisión (AP)

La A4 parte de la I4.0, aplicando la automatización digital de la producción agrícola, su objetivo es transformarla en un sistema digital interconectado a lo largo de toda la cadena de producción como en el IoT, lo que permite decisiones más precisas y automatizadas en tiempo real (Ojeda-beltrán, 2022), dicho de otra forma la A4 abarca la digitalización desde la producción, hasta la comercialización de los productos agrícolas.

Ríos Hernández, (2020), define a la AP como un conjunto de técnicas y herramientas que permitirán al usuario, un manejo más detallado de sus producciones o incluso animales, enfocándose en variables específicas (como el suelo, nutrientes, plagas o clima). Su objetivo es aplicar insumos, como agua o fertilizantes respondiendo a preguntas como donde, cuando y cuanto, para maximizar rendimientos y minimizar el impacto ambiental.

La AP es un pilar de la A4, ambas buscan aumentar la productividad, la sostenibilidad y la eficiencia produciendo más con menos, pero difieren en

cobertura y nivel de detalle y en las tecnologías que utiliza cada una. Ríos Hernández, (2020) menciona que la AP emplea tecnologías como las imágenes de satélite, GPS, maquinaria de conducción autónoma, drones, sensores, mapeo del suelo entre otras, herramientas creadas para tareas y etapas precisas. Mientras tanto, la A4 puede integrar estas herramientas y combinarlas con IA, robots, IoT, ML, C.D, B.D y la C.S, conectando y automatizando todas las etapas productivas de manera integral. En el cuadro 1, se resume las diferencias más puntuales entre ambas.

Cuadro 1. Comparación de las tecnologías de la agricultura 4.0 y la agricultura de precisión

Agricultura 4.0	Agricultura de precisión
Imágenes satelitales	Imágenes satelitales
GPS	GPS
Sensores	Sensores
Robots autónomos	Robots autónomos
Drones	Drones
Inteligencia artificial	
Machine Learning	
Big Data	
Cloud Data	
Internet de las cosas	
Cyber seguridad	

FUENTE: Elaboración propia con datos de Abirami & Padmakumar, (2023)

3 MARCO DE REFERENCIA

3.1 Investigacion científica sobre digitalización en México

En seguimiento de los conceptos revisados, se realizó una revisión general sobre la agricultura digital enfocada en productores rurales. se encontró que en México existe un número limitado de artículos relacionados con los conceptos de IA, IoT o A4 aplicados a la búsqueda de la adopción permanente de estas tecnologías en entornos rurales. En la base de datos, Scopus, introduciendo la búsqueda "TITLE-ABS-KEY (artificial AND intelligence AND agriculture AND México) AND PUBYEAR > 1999 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar"))", arrojó 11 artículos publicados en los últimos 25 años, de cuales solo 2 se enfocan en la aplicación de IA para la toma de decisiones en contextos agronómicos. Al excluir la palabra México, en la búsqueda "TITLE-ABS-KEY (artificial AND intelligence AND agriculture) AND PUBYEAR > 1999 AND PUBYEAR < 2026 AND PUBYEAR > 1999 AND PUBYEAR < 2026 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar"))", se encontró 2606 artículos relacionados, aproximadamente un 21% de estos artículos se enfocan en la ciencia de la computación con un enfoque hacia la IA. Se destaca que entre los años 2020 a 2024 se produjo un repunte en las investigaciones de IA en la agricultura, en 2024 alcanzando los 698 artículos a nivel mundial como se muestra en la figura 4.

En cuanto a la producción de artículos científicos por país (figura 5), India lidera con 479 artículos, seguido de China con 469 y Estados Unidos con 346, en Scopus. México, solo registra 29 artículos publicados.

Al buscar el concepto de Digitalización agrícola en México TITLE-ABS-KEY (digitalization AND mexico AND agriculture) AND PUBYEAR > 1999 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")), no se obtuvieron resultados. Al omitir "México", con la búsqueda "TITLE-ABS-KEY (digitalization AND agriculture) AND PUBYEAR > 1999 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO

(DOCTYPE, "ar"))" se obtienen 518 artículos, de los cuales 16 abordan toma de decisiones asistidas en IA.

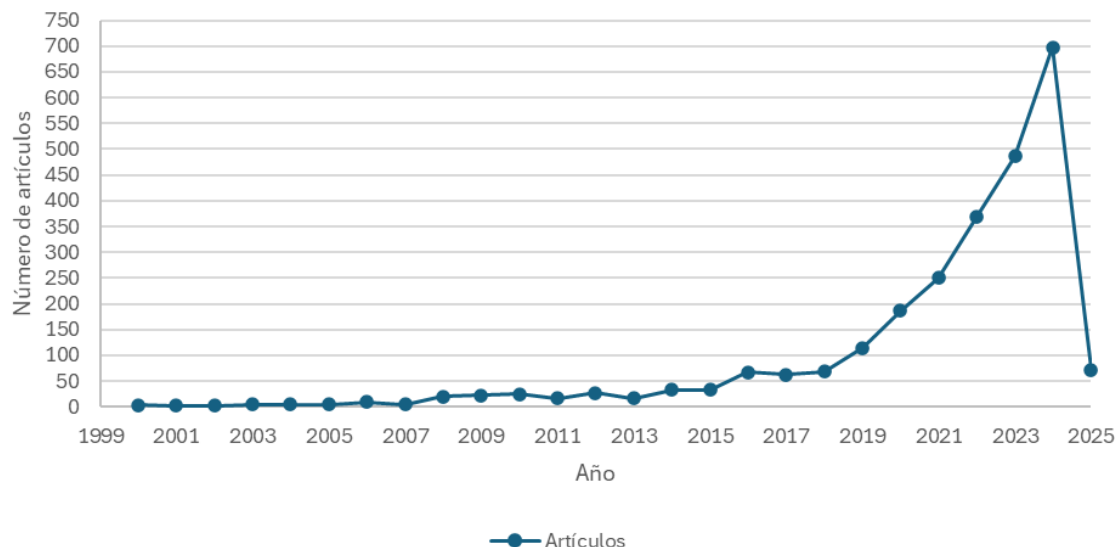


Figura 4. Producción científica de artículos sobre IA en la agricultura mundial por año

FUENTE: Elaboración propia con datos de Scopus 2025

En relación con el IoT en México "TITLE-ABS-KEY (internet AND of AND things AND agriculture AND México) AND PUBYEAR > 2021 AND PUBYEAR < 2025 AND PUBYEAR > 2021 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar"))", se obtuvieron 3 artículos recientes, centrados en la genética y la biología molecular, y todos publicados a partir del 2022.

Al excluir "México", TITLE-ABS-KEY (internet AND of AND things AND agriculture) AND PUBYEAR > 2021 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")), se hallaron 2964 artículos con un pico de producción científica en 2024 con 624 artículos publicados en Scopus, como se ilustra en figura 6.

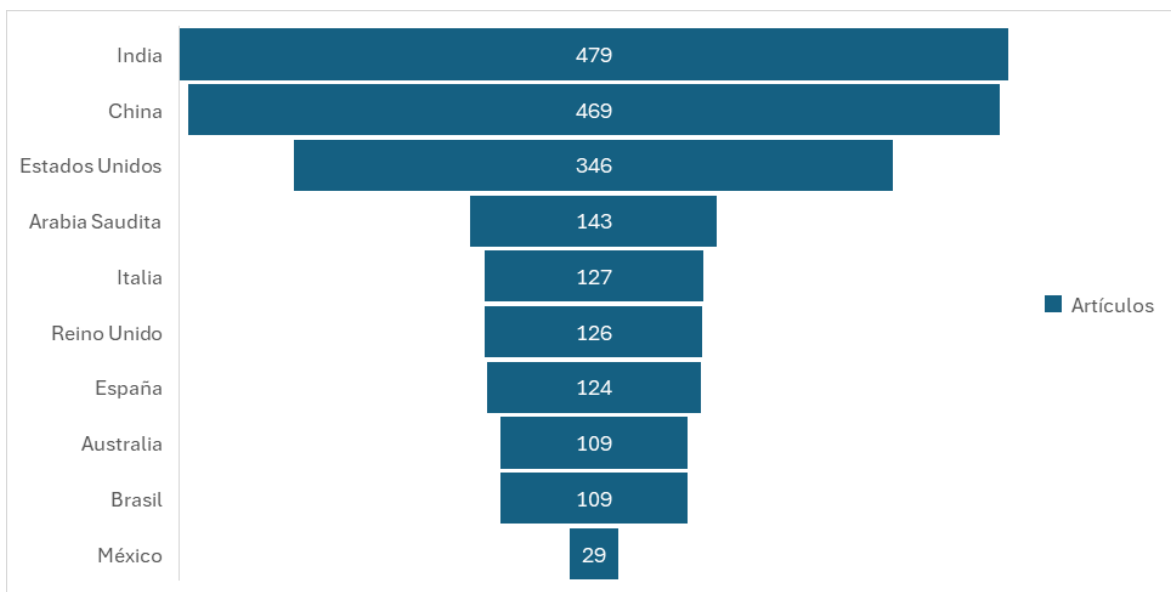


Figura 5. Producción de artículos respecto a la IA en la agricultura por País

FUENTE: Elaboración propia con datos de Scopus 2025

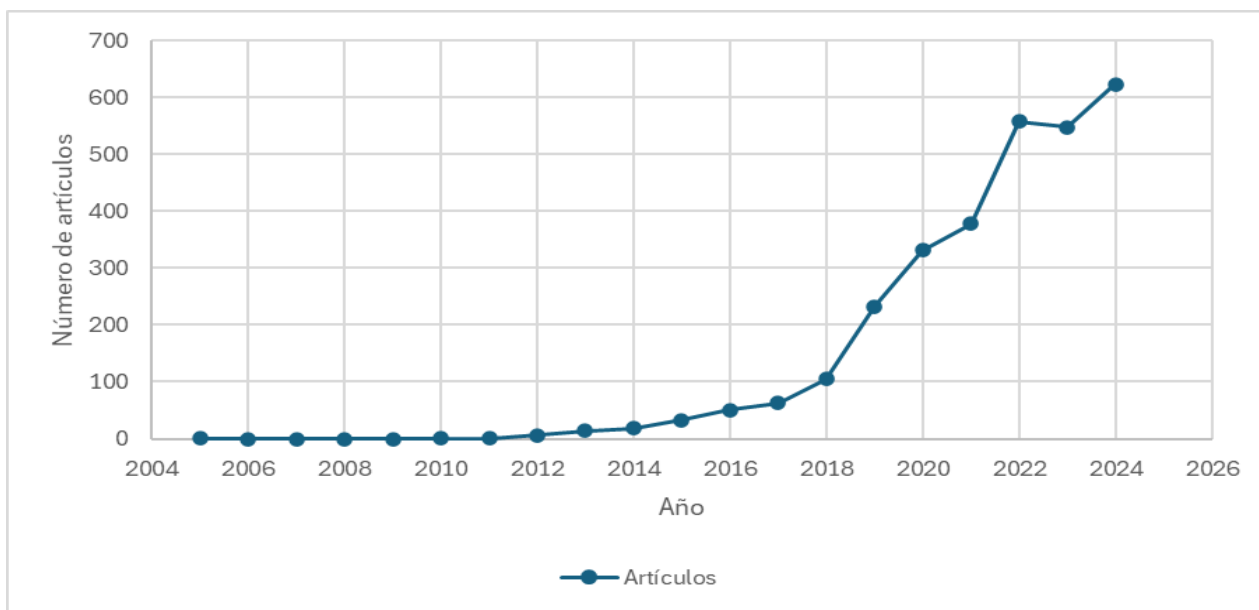


Figura 6. Producción científica por año sobre el IoT en la agricultura

FUENTE: Elaboración propia con datos de Scopus 2025

La India continúa liderando la producción científica con 876 publicaciones, después China con 545 y Estados Unidos con 226 artículos, como se muestra en la figura 7.

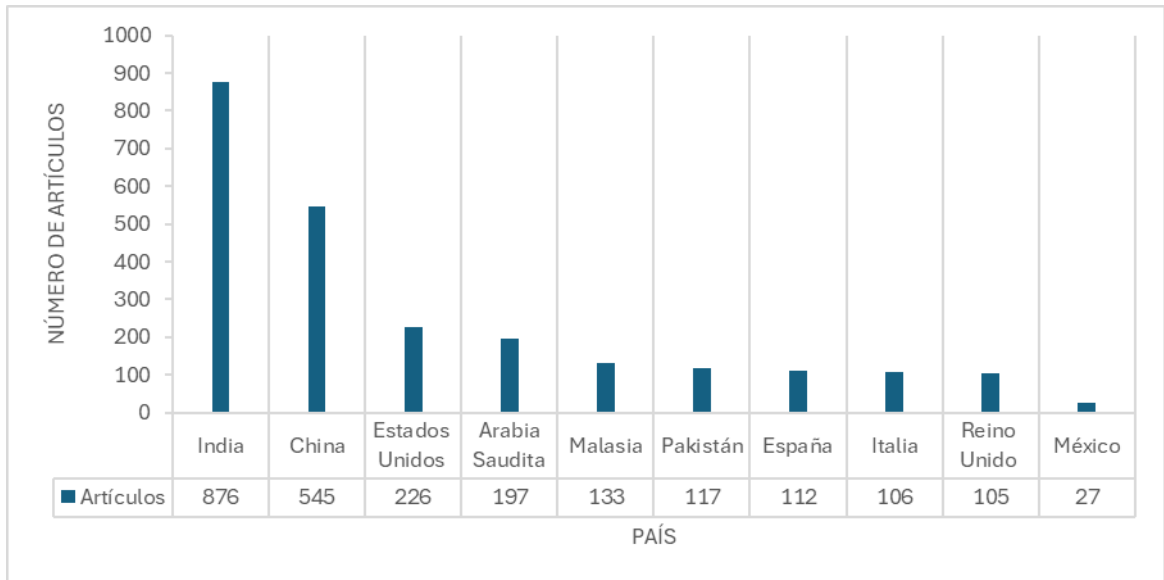


Figura 7. Producción de artículos científicos relacionados con el IoT en la agricultura

FUENTE: Elaboración propia con datos de Scopus 2025

Finalmente, para la A4 en México (TITLE-ABS-KEY (agriculture 4.0 AND México) AND PUBYEAR > 1999 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar"))), se identificaron 17 artículos publicados. De estos, 9 fueron realizados en México, pero bajo instituciones extranjeras como la *Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture*, la Universidad de Illinois y la Universidad de Nuevo México, mientras que 8 artículos fueron realizados en por instituciones mexicanas.

Nuevamente sin contemplar a México (TITLE-ABS-KEY (agriculture 4.0 AND agriculture) AND PUBYEAR > 1998 AND PUBYEAR < 2026 AND PUBYEAR > 1999 AND PUBYEAR < 2026 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar"))), se obtuvieron 1523 artículos, el 22.8% aborda la agronomía. China es el país que más producción en este concepto tiene, con 280 publicaciones en Scopus, seguido de Estados Unidos con 234 y la India con 172.

Estos resultados obtenidos de los últimos 25 años evidencian el limitado estudio de la digitalización agrícola en México, en contraste, países como China, India y estados unidos son los principales países con investigación en estos conceptos.

3.2 índices de conectividad agrícola en México y Latinoamérica

A partir de la pandemia por COVID 19, en 2020, muchos procesos de digitalización en nuestra sociedad avanzaron y se desarrollaron rápidamente, logrando en unos pocos meses avances que se esperaba tardarían años (Sotomayor et al., 2021).

En la agronomía las tendencias digitales también se han acelerado desde entonces, sin embargo, para cada país existe una serie de condiciones que aceleran o permiten que estas innovaciones digitales tengan lugar. La OCDE en 2018, identifica tecnologías claves presentes en la agricultura, como son las TIC's, plataformas digitales, sensores, IoT, Robots, Drones, B.D, C.D, IA y blockchain. Según el mismo informe, han penetrado en Latinoamérica con distintos resultados dependiendo del país, México se encuentra en un aparente estado de transición, como veremos en los siguientes indicadores.

3.2.1 Ranking ITU

Según el ranking de acceso a internet de la ITU, el subíndice de acceso, que combina datos de conexiones fijas, móviles, banda ancha y porcentajes de hogares con conexión y computadoras, este indicador presenta un promedio mundial de 5.59, con países como E.U.A o Reino unido más arriba de este valor. En Latinoamérica este promedio es de 5.64, y México registra 5.28, como se muestra en el cuadro 2. Este resultado indica que, aunque existe conectividad en el país, esta puede no estar distribuida de manera uniforme o que su calidad sea cuestionable, pudiéndose inferir que la infraestructura de telecomunicaciones, la educación digital o la digitalización de la sociedad, no se da de manera uniforme en el país, existiendo estados con mayor avance que otros, coincidiendo con la IDDE del 2024.

Cuadro 2. Resultados del ranking ITU

País	Subíndice
Uruguay	7.28
Argentina	6.87
Chile	6.79
Brasil	6.25
Colombia	5.88
México	5.28
El salvador	4.75
Guatemala	4.52
Honduras	4.08

FUENTE: Elaboración propia con datos de Ranking ITU, 2017

Un panorama sobre como esta distribuida la digitalización en México, es que en los estados de Veracruz, Chiapas, Puebla, Estado de México, Oaxaca y la zona sur de Guerrero, solo entre el 4.7 y el 10.2% de las UP tienen acceso a internet, en contra parte en la zona norte del país, Coahuila tiene hasta un 40.6% de UP conectadas a internet lo cual demuestra la diferencia de infraestructura en el país(Sotomayor et al., 2021).

3.2.2 Índice de conectividad significativo rural (ICSr)

Ziegler et al., (2020) propone otro indicador llamado índice de conectividad significativo rural (ICSr), basado en el concepto de "Conectividad Significativa" de la Alianza por un Internet Accesible (A4AI), el cual evalúa la conectividad no solo desde la posibilidad de acceder a Internet, sino también si se satisfacen las necesidades básicas de acuerdo con los estándares digitales actuales;

Para calcular el ICSr, se utilizaron indicadores, como porcentaje de población con uso diario de Internet, disponibilidad de equipos móviles, hogares con acceso a banda ancha, cobertura 4G, tomando como bases estadísticas nacionales y otros índices como el de Banda Ancha del BID y Conectividad Móvil de GSMA. México

obtuvo un ICSr de 0.356 y está clasificado como conectividad “media”, a diferencia de Chile o Brasil quienes son considerados como “altos” (cuadro 3). México no estuvo directamente evaluado, los datos fueron extrapolados de otros 7 países, como Brasil, y Honduras, sin embargo, nos muestra un panorama similar en el indicador anterior. El ICSr adquiere valores entre 0 y 1, calculado como promedio simple de los 4 indicadores, pudiéndose interpretar como porcentaje de penetración de la conectividad significativa en la población rural.

Cuadro 3. Resultados ICSr en Latinoamérica

País	ICSr	Nivel de conectividad
Brasil	0.469	Alta
Chile	0.468	Alta
Costa Rica	0.432	Alta
Colombia	0.375	Alta
México	0.356	Media
Trinidad y Tobago	0.356	Media
Argentina	0.353	Media
Honduras	0.196	Baja
Venezuela	0.178	Baja
Guatemala	0.157	Baja
Nicaragua	0.116	Baja
Guyana	0.11	Baja

FUENTE: Elaboración propia con datos de IICA, BID, Microsoft, 2020

3.2.3 Las tecnologías de la información y comunicación en México

En México, la investigación sobre la disponibilidad y el uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC), se realiza en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en colaboración con el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT), mediante la ENDUTIH, es una encuesta que mide la penetración y uso de las tecnologías de la información en los hogares mexicanos,

con fines estadísticos y de políticas públicas, permitiendo conocer el grado de acceso digital de la población (INEGI & IFT, 2023).

En cuanto al uso de internet, México midió cuantos usuarios en la ciudad y el campo utilizan internet, ya sea para operaciones bancarias, ventas por internet o comunicación como se muestra en la figura 8, esta arrojo en el ámbito urbano 94.3% de los usuarios utilizo internet para comunicarse, para entretenimiento 91.1% y para búsqueda de información un 90.7%, en contraste en el ámbito rural, 91.5% lo utilizo para comunicarse, 88.7 para acceder a redes sociales y 83.4% para la búsqueda o consulta de información(INEGI & IFT, 2023). Otras encuestas como la IDDE 2024, se reportan resultados muy similares para México, en cuanto a actividades, dispositivos utilizados, la ENDUTIH también reporta un aumento notable en usuarios de más 55 años de un 33.9% en 2019 a 47.6% en 2022.

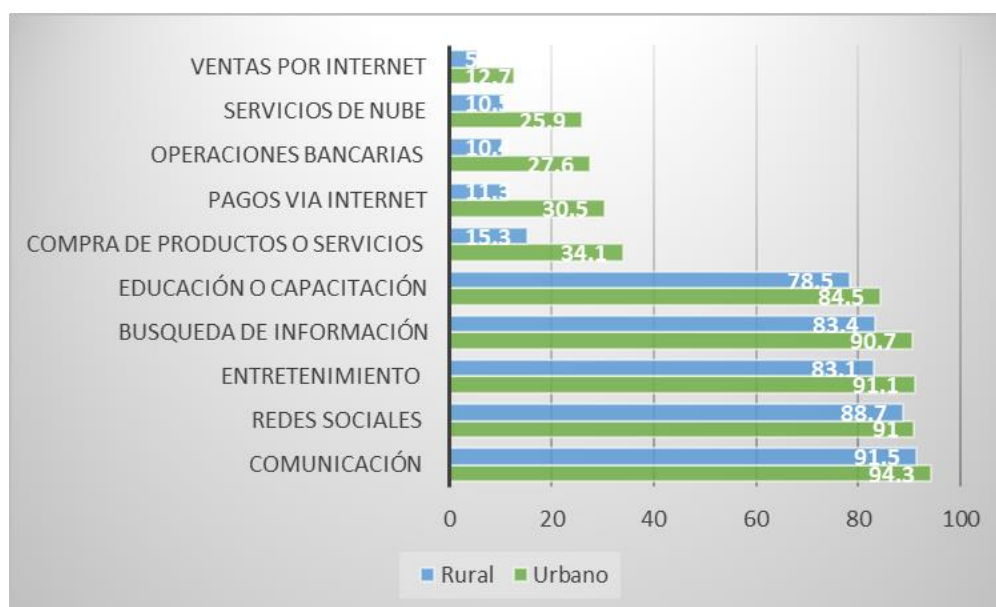


Figura 8. Uso del internet en el ámbito rural y urbano

FUENTE: Elaboración propia con datos de ENDUTIH, 2022

El porcentaje de personas mayores de 6 años hacen uso de un teléfono celular con acceso a internet; Las entidades federativas con el mayor porcentaje, fueron: Baja California (89.5 %), Ciudad de México (87.7 %) y Baja California Sur (87.6 %). Las que registraron los valores más bajos fueron: Chiapas (61.2 %), Oaxaca (64.2 %) y Guerrero (67.0 %) como se aprecia en la figura 9 (INEGI & IFT, 2023).

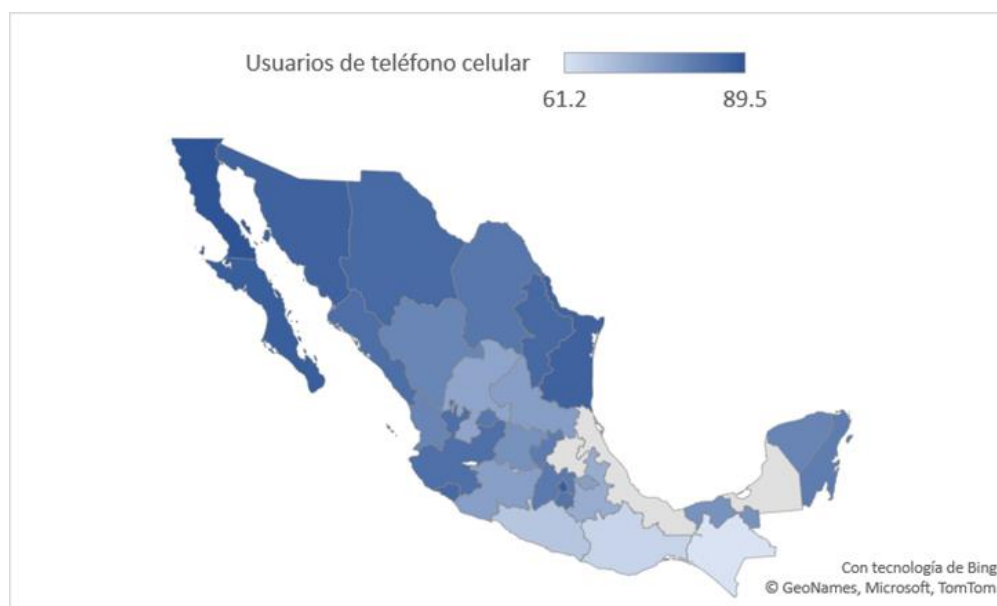


Figura 9. Usuarios de teléfono celular según entidad federativa

FUENTE: Elaboración propia con datos de ENDUTIH, 2022 con el programa Microsoft Excel

4 METODOLOGÍA

En la investigación, primero i) se realizó una revisión previa para armar el marco conceptual, mediante el análisis descriptivo de los conceptos clave, como la industria 4.0, la IA y sus tecnologías ligadas, a partir de artículos de repositorios como Scopus, JSTOR, Redalyc entre otros, siendo en su mayoría en idioma inglés de un periodo no menor de 2000 a 2024. Posteriormente ii) se determinó la población de estudio, el espacio geográfico y la calendarización de la colecta de datos; en secuencia iii) se realizó un análisis mixto, en el objetivo 1, el análisis fue cuantitativo mediante estadística descriptiva y el objetivo 2, es meramente descriptivo, consecuentemente iv) se redactaron propuestas para el contexto de los productores de cítricos.

4.1 Población sujeta de estudio

La investigación, utilizó el método de muestreo por conveniencia, donde esencialmente se encuestaron a productores pequeños de diversos cítricos y técnicos dedicados al mismo producto.

4.1.1 Delimitación espacial

La encuesta se realizó de mayo-agosto del 2024 en 2 estados de la república mexicana, Veracruz y Puebla (figura 10), los cuales comparten producciones de cítricos como limón y naranja entre otros.

Comenzando por Veracruz, la venta de limón tuvo un volumen de 3.2 millones de toneladas, 53.6% se destinó a un intermediario, 30.8% a empacadoras. 4.7% se envía al consumidor directamente y 3.8% a las centrales de abasto(INEGI, 2022).



Figura 10. Estados donde se llevó a cabo la investigación

Fuente: Elaboración propia con el programa Microsoft Excel

De acuerdo con la secretaria de Economía (SE), la población del municipio de Álamo Temapache, Veracruz fue de 107,270 habitantes, con un 49% hombres y 51% mujeres en 2020. Este estado cuenta con 4.1 millones de has con algún uso agrícola, declaradas por los agricultores, de las cuales 2,573,163 has son

superficie agrícola, para agostadero son 1,563,309 has y el resto 58,107 has son destinadas a un uso distinto al agrícola (INEGI, 2023).

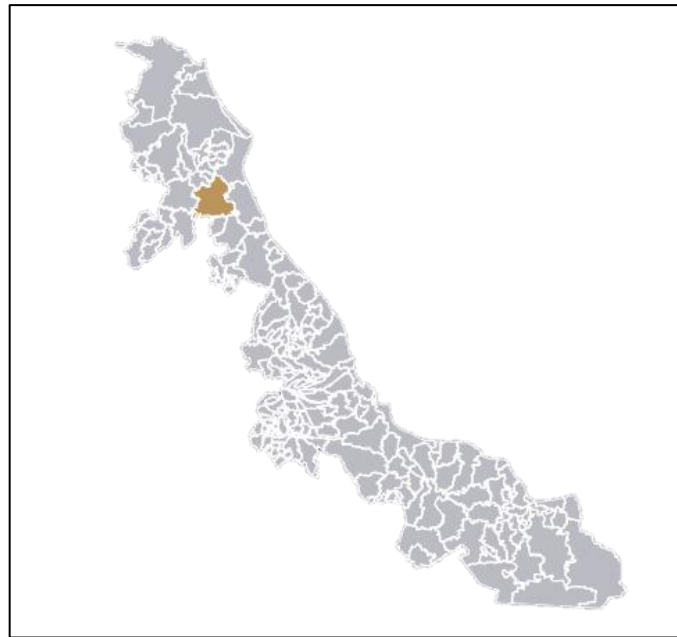


Figura 11. Municipio de Álamo Temapache

Fuente: Data México 2025

Álamo Temapache (figura 11), comúnmente conocido como Álamo, es un municipio ubicado en el norte del estado de Veracruz, México con las coordenadas 20° 55'N y 97° 41'O a una altura de 40 m sobre el nivel del mar. Limita al norte con el municipio de Tepetzintla, Cerro Azul y Tamiahua, al sur con los municipios de Tihuatlán y Castillo de Teayo, el estado de Puebla y el municipio de Ixhuatlán de Madero y al este con Tamiahua, Tuxpan y Tihuatlán. En 2022, la producción de naranja orgánica fue de un aproximado de 4,922,969 toneladas, de las cuales Veracruz concentró 49% de la producción, con 170 mil 681 ha, de las 347 mil 645 que se sembraron ese año (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022)

La otra zona de estudio es el municipio de Ayotoxco de Guerrero, Puebla. Ubicado al noreste, con coordenadas 20°03'19"N 97°14'38"O, limita con otros municipios como Hueymalco y Tenampulco y tiene cercanía con el estado de

Veracruz, en 2020, de acuerdo con INEGI, la población fue de 8,208 habitantes, siendo 48.3% hombres y 51.7% mujeres (INEGI, 2020).

De acuerdo con el servicio de información agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Puebla es el quinto productor de naranja de esta, se destinan 31, 361 hectáreas y se obtienen 231, 232 toneladas, solo detrás de otros cultivos perennes como la caña de azúcar con 19,559 hectáreas, con 1, 647 464 toneladas y la alfalfa con 18, 490 hectáreas y más de 1 millón de toneladas respectivamente (INEGI, 2023).

Ayotoxco de Guerrero, en la figura 12, cuenta con 450 hectáreas dedicadas a la naranja y produce 5,244 toneladas, así se encuentra entre los principales municipios productores de cítricos, como Francisco Z. Mena, Venustiano Carranza, Pantepec Tenampulco, Hueytamalco, Acateno, Jalpan, Tuzamapan de Galeana, Jonotla y Zoquiapan, localizados en la Sierra Norte y la Sierra Nororiental, ellos producen aproximadamente 401 mil 811 toneladas, generando 898 millones de pesos (SIAP, 2020).

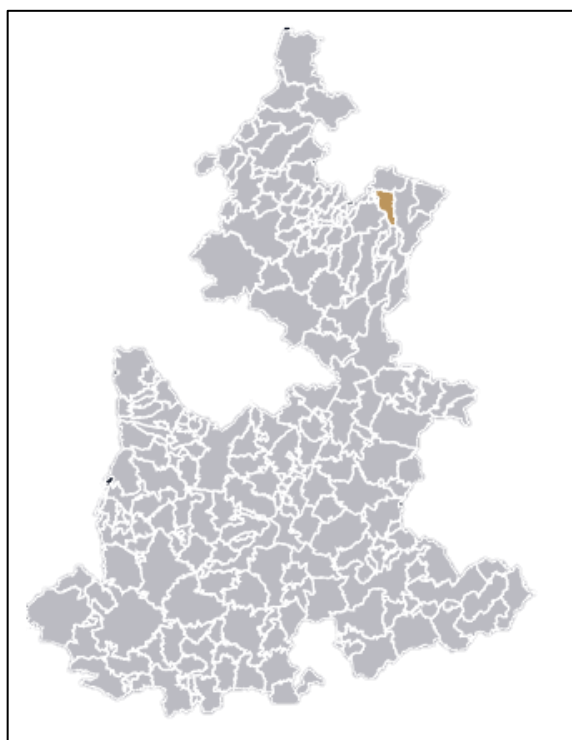


Figura 12. Municipio de Ayotoxco de Guerrero

Fuente: Data México 2025.

4.1.2 Fuentes de información

Las principales fuentes de información (cuadro 4) fueron los productores de cítricos seleccionados mediante muestreo por conveniencia, en el caso de los técnicos se seleccionó al centro de investigación regional Golfo centro, perteneciente al INIFAP, a este se encuentran afiliados los técnicos de las zonas de Veracruz. Para las empresas, al no existir un dato exacto de la cantidad de empresas que provean de servicios digitales al campo, se seleccionaron 2 bajo el criterio de tener al menos 5 años de operaciones en territorio mexicano

Cuadro 4. Fuentes de información

Sujeto de estudio	Fuentes de información	Fecha de colecta	Instrumentos de colecta
Productores	42	mayo-agosto 2024	Encuesta y entrevistas semiestructurada
Técnicos	41	mayo-agosto 2024	Encuesta y entrevistas semiestructurada
Empresas	2	mayo-agosto 2024	Entrevistas

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Métodos e instrumentos de colecta

Para el objetivo 1, se utilizaron dos instrumentos de colecta, detallados en el apéndice 1, el primero consistió en una encuesta para los productores y técnicos, modificando el sentido de algunas preguntas y omitiendo otras según el perfil. El instrumento incluyó escalas tipo Likert y de opción múltiple contestadas por 83 participantes. Su propósito fue conocer a profundidad los aspectos de habilidades digitales, infraestructura disponible y su percepción a las herramientas digitales.

Para el objetivo 2, el segundo instrumento, mostrado en el apéndice 3, consistió en preguntas abiertas para una entrevista semi estructurada, dirigida a las empresas proveedoras de servicios digitales para el campo. El propósito fue

conocer los requisitos para poder aplicar sus servicios en las zonas de estudio del objetivo 1, así como su perspectiva en el campo mexicano y las acciones más favorables a tomar para que un productor se pueda digitalizar.

4.1.4 Métodos de análisis

En esta investigación se adoptó un enfoque mixto, con el fin de conocer las condiciones técnicas y sociales en la adopción de herramientas digitales como la IA. Se realizó una encuesta con 16 ítems en total, de los cuales 14 preguntas de opción múltiple y 2 escalas tipo Likert, una del 1 al 3, donde 1 = bajo y 3 = alto, y otra 1 al 5, teniendo el valor de 1 = sin importancia y el valor de 5 = muy importante. Se les aplicó estadística descriptiva, con la finalidad de ilustrar la situación actual en la producción de cítricos.

Las variables edad, escolaridad, género, años de experiencia, región de procedencia y giro de la empresa, se sistematizaron en una base de datos en el programa Microsoft Excel; con la cual se realizaron los primeros análisis y se apoyaron con el programa Scimago Graphica en su versión 1.0.45, con el cual se ilustraron los diferentes grupos por edad y a que dispositivos y servicios tienen acceso, en el programa Gephi en su versión, 0.10.1 se aplicó para visualizar las comunidades o grupos que se forman en el uso de dispositivo, esto nuevamente para conocer el panorama de uso de herramientas digitales. También se utilizó el programa SPSS versión 27.2 para realizar las pruebas de Chi cuadrada de Pearson.

En el componente cualitativo, en el objetivo 2, se realizó una entrevista semi estructurada exploratoria con 29 preguntas abiertas en el instrumento de colecta, esta fue dirigida a empresas cuyo giro es la venta de herramientas digitales para fines agrícolas, vinculadas a la A4 y el concepto del IoT. La información obtenida fue descrita en el texto y se elaboraron cuadros comparativos, y se argumentó discutiendo estos resultados con la teoría.

4.1.5 Metodología para la realización de propuestas

Para la realización de propuestas, se revisaron las estrategias e indicadores usados en la IDDE 2023 y 2024, así como la homóloga de España llamada la Estrategia de digitalización del sector agroalimentario y forestal y del medio rural (2020). El objetivo fue definir los pilares clave para lograr la promoción y posterior adopción de herramientas digitales. Considerando los datos obtenidos en la fase de campo y ajustando las acciones a la realidad del pequeño productor, para asegurar la viabilidad.

Las propuestas se agrupan en pilares, que consisten en 3 aspectos fundamentales a partir de las encuestas y sus resultados:

- i) Conocimiento y accesibilidad a la infraestructura digital
- ii) Asequibilidad tecnológica
- iii) Capacitación y el acompañamiento

Cada pilar se construye mediante la identificación del problema central en cada aspecto, para definir el objetivo a atender, y se generan propuestas de enseñanza paso a paso fundamentadas en lo revisado y lo encontrado en los hallazgos empíricos, permitiendo mantener la coherencia entre la evidencia obtenida y las acciones sugeridas.

5 DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Al finalizar la fase de campo, se obtuvieron 42 resultados de productores, siendo 37 del estado de Puebla y 5 de Veracruz.

Por otra parte, también se obtuvo una base de datos con técnicos en cítricos con 41 resultados, todos en Veracruz.

5.1 Descripción de la población de estudio productores y técnicos

La edad promedio de esta población de productores es de 44 años, lo que muestra que la mayoría pertenece al grupo de adultos y adultos mayores, mientras que los jóvenes forman el menor subgrupo. En comparación, entre los técnicos, predomina una población más joven con 37 años en promedio, como se presenta en el cuadro 5.

Respecto al género, se identificaron 28 son hombres y 14 mujeres entre los productores. De acuerdo con Piña, (2025), la participación femenina en México ha aumentado al menos un 35% en los últimos años, coincidiendo con lo encontrado. Este aumento puede atribuirse a nuevos factores culturales en cuanto a los roles dentro del campo en Veracruz y Puebla. No obstante, en el grupo de técnicos solo 5 mujeres laboran en la producción de cítricos.

En términos de experiencia, tanto productores como técnicos tienen doce años en promedio en la producción de varios cítricos como la naranja, el limón y la mandarina, que son característicos de la región.

Once de los productores tienen estudios de licenciatura, concentrados mayormente en el grupo más joven; doce finalizaron la preparatoria y diez han terminado la secundaria, lo cual sugiere una formación básica suficiente para el desempeño técnico en campo. 7 solo culminaron educación primaria, y 2 no poseen estudios formales dependiendo principalmente de la experiencia empírica. No obstante, se comentaron que existen esfuerzos locales por fomentar la educación continua, especialmente entre adultos mayores, de los cuales 4 retomaron sus estudios.

Cuadro 5 Nivel de estudios, promedio de años de experiencia, edad y participación de hombres y mujeres en la población de estudio

N=83 Productores		Técnicos
Edad promedio*	44	37
Hombres	28	36
Mujeres	14	5
Años de experiencia promedio	12	12
Posgrado	0	9
Licenciatura	11	32
Preparatoria	12	
Secundaria	10	
Primaria	7	
Sin estudios	2	

Fuente: Elaboración propia con en campo, 2024

En el caso de los técnicos, debido a la naturaleza de su trabajo, todos cuentan con formación universitaria de índole agropecuaria y nueve de ellos poseían algún posgrado. Un hallazgo importante es que durante su formación profesional no recibieron educación en aspectos como computación o tecnologías avanzadas, pues no formaron parte de su plan de estudios.

5.2 Problemática principal, el dragón amarillo

En la figura 13 se ilustran, las principales problemáticas identificadas por la población en general, tanto productores como técnicos en cítricos. La más mencionada en las encuestas fue el HLB o Huanglongbing, reportada en más de 55 ocasiones. De acuerdo con Gill et al.,(2024) esta enfermedad es causada por la infección con la bacteria *Candidatus Liberibacter* (CL), que coloniza el floema y resulta en la muerte de las células del mismo, los primeros síntomas de la enfermedad incluyen un patrón amarillento irregular en las hojas y brotes amarillos, y en etapas posteriores, los árboles infectados producen frutos de

tamaño pequeño, deformados y enverdecidos. Se encontró que esta enfermedad está presente en todas las huertas de Puebla y hasta Álamo Veracruz y Martines de la Torre, favorecida por los cambios climáticos y la combinación de otras enfermedades que promueven su expansión. Como respuesta, se planteo es la construcción de tres laboratorios que se dedicaran a producir *Tamarixia Radiata*, un parasitoide natural de la *Diaphorina Citri*, principal vector causante del HLB, uno de estos laboratorios se pidió se construyera en Álamo, de acuerdo con OEM, (2025). En segundo lugar, se destacaron las sequias prolongadas, mencionadas 20 veces, principalmente en Veracruz, que también contribuyen al desarrollo de plagas y muerte de los árboles de cítrico, lo cual también explicaría la presencia de Wood pocket (WP) o manchado sectorial, que fue mencionado al menos 17 veces, esta es una fisiopatía causada por estrés térmico y falta de agua, que provoca manchas cloróticas en las hojas, esto puede llevar a la muerte del árbol, ya que las ramas se vuelven quebradizas, facilitando la entrada de patógenos y también se confunde mucho con HLB (Santillán et al., 2021).



Figura 13. Problemas con mayor frecuencia en la producción de cítricos

Fuente: Elaboración propia con en campo, 2024

5.3 Dispositivos y tecnologías digitales más usadas

Tradicionalmente, en México la gran mayoría de las actividades agrícolas se realizan de manera similar desde hace 40 años, tanto las prácticas culturales como las herramientas utilizadas (Sotomayor et al., 2021). La incorporación de tecnologías digitales aun es limitada, pues se esperaba en campo que el escenario fuera diferente, ya que en los últimos años hemos visto como la IA está siendo implementada en la vida diaria, Lopez, (2025) mencionó en el economista, que el 15% de campo en México se encuentra digitalizado, con tecnologías de riego optimizado y drones que detectan plagas, tecnologías que podrían aportar a solucionar los problemas de los productores. Sin embargo, este tipo de soluciones no fueron mencionadas.

En los resultados destacó el uso de teléfonos inteligentes, los cuales forman parte de la vida diaria del productor y técnico como se describe en los siguientes apartados. Se encuestó tanto a productores como técnicos sobre los dispositivos o medios electrónicos posee, y cuáles de estos involucra en sus explotaciones agrícolas. El cuadro 6 resume la participación de los dispositivos y tecnologías utilizados para recopilar o consultar datos, aplicados luego en la toma de decisiones si es que realiza esta tarea.

Cuadro 6. Desglose de la participación de los dispositivos digitales y notas en papel en la población de estudio

Dispositivo	Frecuencia de uso	Porcentaje
N=83		
Computadora	38	45.7
Celular	44	53
Tablet	1	1.2
Notas en papel	69	83.1
Inteligencia Artificial	2	2.4

Fuente: Elaboración propia con en campo, 2024

Aunque las notas en papel no constituyen un medio digital, continúan siendo el recurso más utilizado para registrar datos junto con los dispositivos digitales. Este hallazgo evidencia una baja adopción de herramientas tecnológicas, se mencionó en La Jornada, (2017) que menos 76% de los campesinos mexicanos no opta por tecnologías digitales, incluso las más básicas, aunque el uso de teléfonos celulares está en aumento, y sea objetivamente superior para recabar datos, especialmente para tomar fotos, grabar audios y buscar información adicional in situ, los productores de mayor edad suelen no explorar esta alternativa más allá de su propósito de comunicación.

Por otra parte, los grupos más jóvenes de los productores utilizan su celular para consultar a YouTube para tutoriales y guías, compartir información entre ellos y, de forma mínima capturar datos sobre sus producciones, pues si es que lo hacen, usan notas en papel. Los técnicos, también usan notas y celulares e intentan capturar datos necesarios para realizar sus tareas. Mencionaron conocer y haber probado plataformas de IA, reportando una experiencia mixta debido a una percepción de imprecisión o irrelevancia de la información proporcionada, la IA fue usada para fines administrativos o empresariales, dejando de lado utilizarla para resolver problemas en campo. La integración automática de estas tecnologías en motores de búsqueda ha incentivado el uso, aunque IA especializadas para la agronomía aún no se aprovechan plenamente.

5.3.1 Uso del celular

Todos los productores lo poseen un teléfono personal y consideran tener suficiente dominio para aprovechar sus funciones, esto concuerda con Vargas Canales, (2022) quien menciona un 88.13% de uso de celular como promedio nacional. Del total de 83 encuestados, solo 44 lo utilizan en sus labores agrícolas, de los cuales 22 son productores y los otros 22 son técnicos, principalmente para tomar fotografías, consultar videos informativos y compartir datos sobre cultivos. La figura 14, ilustra la relación entre los diferentes grupos de edad y su uso del celular, se observa que la gran mayoría de los usuarios son los jóvenes de 18 a 35 años, indicando su adopción temprana. Solo 8 jóvenes mencionaron no

involucrarlo, argumentando una falta de conexión a internet en sus lugares de trabajo o simplemente no realizan la tarea de recolectar datos. En cuanto a los adultos de 35 a 64 años, 8 de los 20 no usan el celular con fines laborales. Esto refleja una expansión gradual del uso de estas herramientas en personas que no crecieron utilizando esta tecnología, tal como se menciona en la ENDUTIH. El grupo de usuarios de más de 55 años se mantuvo al alza del 2019 al 2022, aumentó su participación en el mundo digital. A su vez 80.1% de los hombres a nivel nacional es usuario de teléfono celular, y el 78.5% de las mujeres también son usuarias, este escenario es muy parecido al encontrado, destacando que las mujeres son quienes aparentemente sacan un provecho mayor a este equipo. Según GSMA, (2024) mencionó que las mujeres rurales suelen ser subrepresentadas en cuanto a la tasa de adopción de innovaciones digitales, los proveedores de estas tecnologías, mencionan un porcentaje de adopción de entre 30 y 35%, con respecto a sus pares, esto se debe a que las productoras no solo muestran mayor interés, sino que responden mejor a las capacitaciones y enseñanzas en digitalización agrícola, situación que coincide con lo encontrado con las mujeres productoras, quienes tienen mayor experiencia con medios digitales.

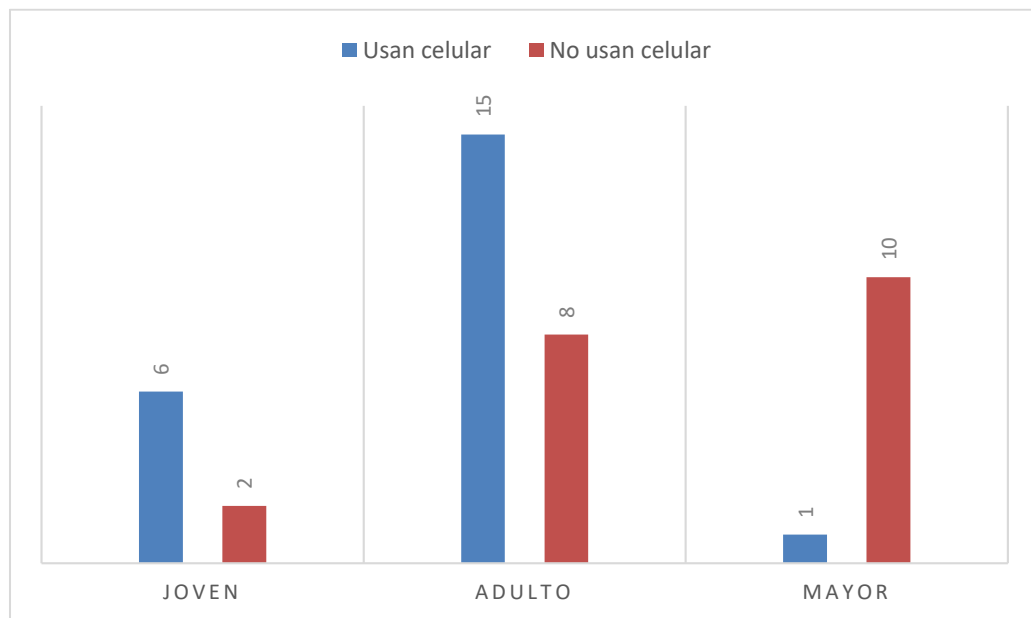


Figura 14. Grupos que utilizan el celular

Fuente: Elaboración propia con en campo, 2024

En la población de adultos mayores, de 65 años o más, solo 1 de los 11 indicó usar el celular con regularidad para sus tareas agrícolas, lo que indica una casi nula integración digital por este grupo de edad. Algunos recurren a familiares o ayudantes jóvenes para usar el celular, para recabar datos o hacer consultas en internet, este uso indirecto es considerado por ellos más rápido y eficiente si lo realiza alguien que consideran con más conocimiento, aun así de acuerdo a INEGI & IFT, (2023) tanto Veracruz y Puebla se mantienen debajo del promedio nacional del uso de teléfono celular con 73.4% y 71.9% respectivamente, de acuerdo al Índice de desarrollo digital estatal (IDDE), en 2023 se registró un descenso en los usuarios de teléfono inteligente en Veracruz, pero en Puebla aumento (CMD, 2024). En resumen, el celular está presente en todos los grupos, existiendo una irregularidad en el conocimiento de uso, así como desconfianza y desinterés por digitalizarse a medida que el productor tiene mayor edad.

5.3.2 Prueba de chi cuadrada para usuarios de celular

El resultado expresa, que el uso del celular varia con la edad, al no usarlo de la misma manera, es decir, a menor edad mayor uso del celular. La prueba encontró una asociación significativa entre ambas variables con una $p=0.003$ que es menor a la $p=0.05$ como se muestra en el cuadro 7.

Cuadro 7. Prueba de Chi cuadrada para usuarios de celular

	Valor	gl	p
N=42			
Chi cuadrado de Pearson	11.42	2	0.003

Fuente: Elaboración propia con en campo, 2024

5.3.3 Uso de la computadora

Diez de los productores mencionaron utilizarla en su producción, al menos 3 casos junto a un celular y las notas en papel, como se muestra en la figura 15, la computadora personal en promedio solo 5.6% de las UP hace algún uso de esta herramienta, similar a lo encontrado en campo, (INEGI, 2023). En general los que utilizaron la computadora pertenecen al grupo más joven, entre los 20 hasta los 35 años. En 4 casos, personas más adultas también reportaron hacer este uso para capacitaciones y entretenimiento. El panorama coincide con lo mencionado en la IDDE 2023, donde los hogares con computadoras, no presentaron cambios, es decir no se aumentó el uso de computadoras, y por el contrario la asequibilidad para comprar estos dispositivos disminuyó 2 puntos en Puebla y 6 puntos en Veracruz (CMD, 2024). Por otra parte, en 2022 se registró un descenso en el uso de la computadora de 5.4 puntos porcentuales en todo el país, pasando de 48.4 millones de usuarios en 2019 a 43.8 millones en 2022, o lo que se traduce a que 37% de la población mexicana utiliza este dispositivo en sus actividades diarias (INEGI & IFT, 2023).

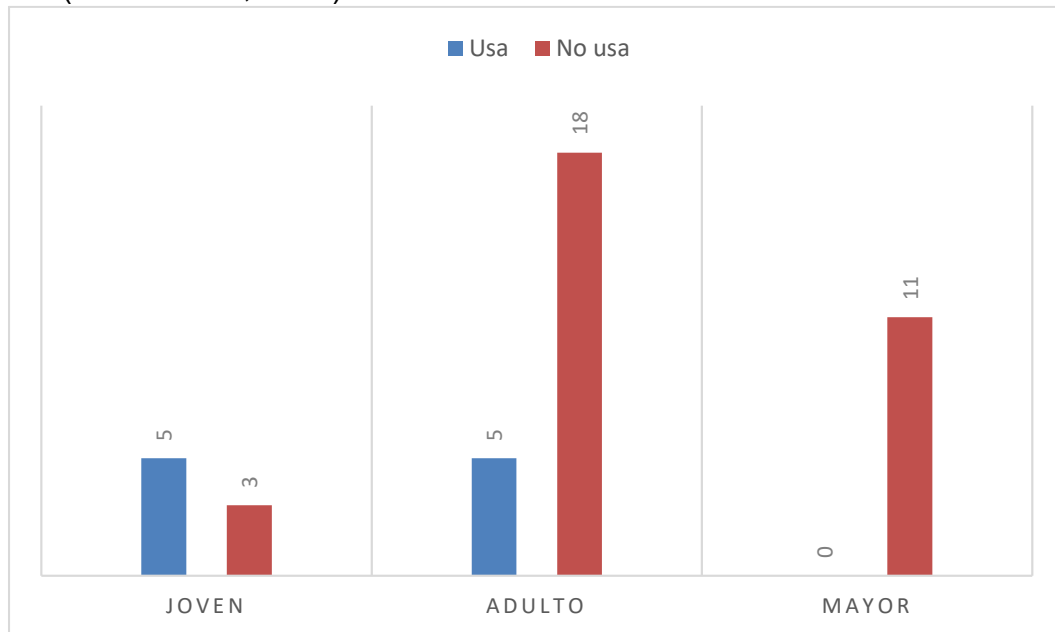


Figura 15. Grupos que utilizan la computadora

Fuente: Elaboración propia con en campo, 2024

En resumen los usuarios con computadora tienen en común un nivel de estudio de preparatoria o más alto, lo que se relaciona con lo mencionado por Obiero et al., (2019) donde a mayor nivel de estudios mayor es la destreza en competencias digitales y manejo de equipos, es por eso por lo que cuentan con el equipo, y por ende su habilidad y manejo del equipo es considerada por ellos alta.

5.3.4 Prueba de chi cuadrada para usuarios de computadora

Se observa una asociación estadísticamente significativa, entre ambas variables siendo la p obtenida, menor a $p=0.05$. Nuevamente esto sugiere que la computadora es usada de manera distinta en cada grupo, sin embargo, a comparación del celular, se muestra más fuertemente que a menor edad mayor uso de tal dispositivo como se muestra en el cuadro 8.

Cuadro 8. Prueba de Chi cuadrada para usuarios de computadora

	Valor	gl	p
N=42			
Chi cuadrado de Pearson	6.880	2	0.032

Fuente: Elaboración propia con en campo, 2024

5.3.5 Las notas en papel como la herramienta preferencial

Durante las encuestas, tanto técnicos y productores mencionaron, que al registrar datos preferentemente prefieren una libreta para escribir, notas, datos numéricos, ubicaciones, o breves descripciones de observaciones en el cultivo. Es importante mencionar que estas notas no necesariamente se realizan en campo, si no en la captación de información en capacitaciones y otras reuniones que brinden información.

El uso de la libreta permite llevar y consultar datos, importantes, se encontró que, para recordar mejor algún dato, prefieren escribirlos. En casi todos los casos las notas en papel se combinan un teléfono celular, para consultar datos, comunicarse con otros técnicos o productores, tomar fotos o videos que luego

sirven en sus reportes, esta práctica es más común en técnicos, mientras que los productores ven menos necesario tener datos y digitalizar datos.

Los productores que realizan notas en papel, lo hacen con fines distintos, para esta población, por su menor exposición diaria a dispositivos digitales, encuentran el papel como un método más confiable y accesible, nuevamente Raja Santhi & Muthuswamy, (2023), menciona que la agricultura 2.0 que se estima inicio desde los 1870 en el mundo , es la etapa en donde se mecanizó y se introdujo la energía eléctrica al campo, y los agroquímicos eran la más reciente novedad y no existía aun la computarización, si no que cualquier información se compartía en su mayoría en físico, como las notas en papel, en contraste, la agricultura 3.0 y 4.0 manejan un grado de digitalización y automatización mayor, por lo cual se considera que la gran mayoría del campo mexicano aún se encuentra en la agricultura 2.0 o revolución verde en México, vista como la más análoga o tradicional, lo cual explicaría por qué el papel sigue siendo una herramienta muy arraigada (Nahavandi, 2019).

El simbolismo de la tradición de utilizar notas en papel esta seguramente arraigada a sus actividades más tradicionales e intimas como el escribir, viéndose como tradicional, donde los productores confían más en lo tangible y familiar, lo fácil de su uso, al ser un método directo y que requiere solo de saber escribir, además el papel permite tener un grado alto de flexibilidad y personalización, con notas rápidas, diagramas improvisados, y cualquier otra forma que al usuario le sea más fácil entender.

En la figura 16 se ilustra la distribución del uso de notas por edad de los productores. De cada grupo de edad, quienes dijeron no tomar notas, fueron aquellos quienes no hacen la tarea de revisar y buscar datos de sus cultivos, como lo fue 1 joven de los 8 encuestados, 4 de los 23 adultos y 4 de los adultos mayores no toman notas. En resumen, en las IDDE se muestra que, en el estado de Veracruz las escuelas equipadas con computadores descendió un 7.1% respecto a 2019, Puebla subió 1.4% en sus escuelas con computadoras, en consecuencia la educación digital aun no penetra por completo la vida en estos

estados, y se puede inferir como una de las razones por la que las notas en papel aún son la forma más habitual de realizar alguna observación frente a las herramientas digitales (CMD, 2024). Lo cual no es necesariamente algo malo, pero si se busca promover una digitalización agrícola, se debe promover conocer los beneficios de generar datos y tener un conocimiento más profundo de tus cultivos.

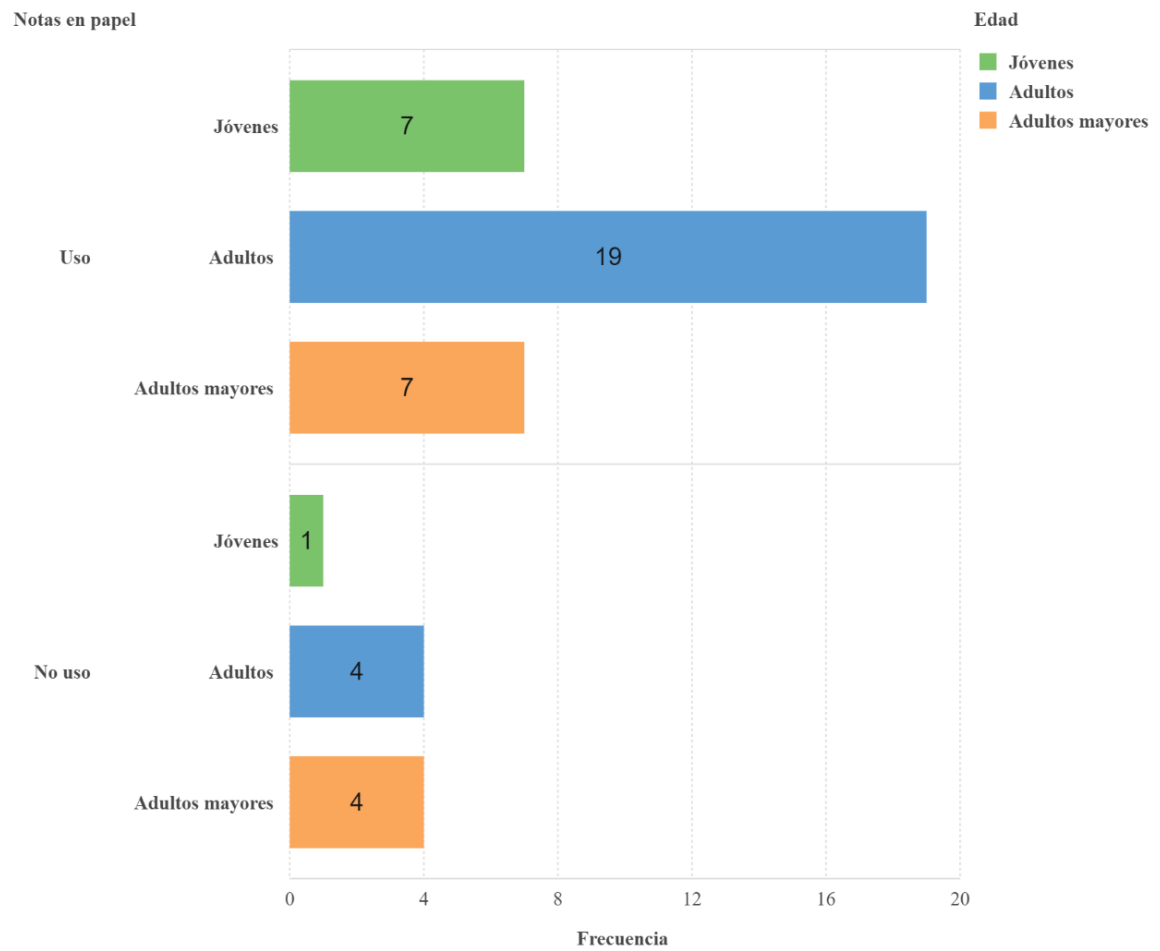


Figura 16. Grupos que utilizan las notas en papel

Fuente: Elaboración propia con en campo, 2024

5.4 El uso de la IA y su percepción para la agricultura

Ante la pregunta clave sobre el uso de herramientas con IA generativas, como ChatGPT de OpenAI y Gemini de Google, solo 2 productores indicaron haberlas utilizado con fines agrícolas.

La primera fue la ciudadana Eridany J. Altamirano, de 20 años y 2 de experiencia en cítricos en Puebla. Comentó usarla para investigar conceptos relacionados a la producción, y para comprender técnicas de trabajo aplicadas a su cultivo, señaló que, aunque le fue útil en ciertos casos, la IA hasta el año pasado, podía cometer errores en sus respuestas, calificándola de riesgosa. No obstante, destaco que las respuestas mejoraron con el paso del tiempo.

El segundo caso corresponde al productor, Lucino Martagón Díaz, de 70 años, y 26 de experiencia, también de Puebla. Mencionó haber utilizado la IA con el apoyo de familiares más jóvenes, quienes regularmente le asisten en la producción, mencionó preguntar cómo aplicar fertilizantes, preguntar que significaban ciertas prácticas agrícolas, esto con un tono más de comprobación de la información y para asegurarse de que esta cumplía lo que sus parientes le comentaban, que es una fuente fiable de información. Si bien su uso fue realizado más bien por ellos y no por el ciudadano Lucino, su uso estuvo orientado principalmente a consultar y verificar información; Aunque valoro la IA como una herramienta útil cuando se desconocen ciertos temas, señaló que no continuó utilizándola de manera independiente, debido a que dependía del acompañamiento de sus familiares más jóvenes. En América latica, este esquema de consultoría agrícola digital se encuentra en expansión, incorporando no solo IA sino con ML para el desarrollo de chatbots agrícolas. Los casos anteriores evidencian que en México la asesoría digital en tiempo real, es viable en zonas como Ayotoxco y Álamo, entre productores pequeños, aportando a la solución de toma de decisiones más informadas (GSMA, 2024). Sin embargo, surge la discusión sobre si esta consultoría debe necesariamente venir de una IA y cuales podrían ser los riesgos de esta actividad.

La interacción detectada con esta tecnología es limitada entre técnicos y casi nula entre productores. Aunque los casos presentados son específicos y contrastantes, confirman lo señalado en estudios antes señalados: la baja adopción de innovaciones digitales en el sur del país, así como una falta de educación digital. Según Redagricola, (2025), la incorporación de IA en México

se concentra principalmente en las grandes empresas del norte, las cuales, a pesar de los desafíos, han comenzado adaptarse en sus procesos a estas herramientas tecnológicas.

1.5.1 Beneficios esperados sobre la digitalización con IA

Finalmente, se cuestionó sobre la percepción de la digitalización en las operaciones agrícolas, es decir, que mejoras esperan obtener al digitalizarse y si perciben obtener un beneficio de un servicio intangible como la IA y sus tecnologías derivadas. La figura 17 se ilustra una síntesis de los resultados.

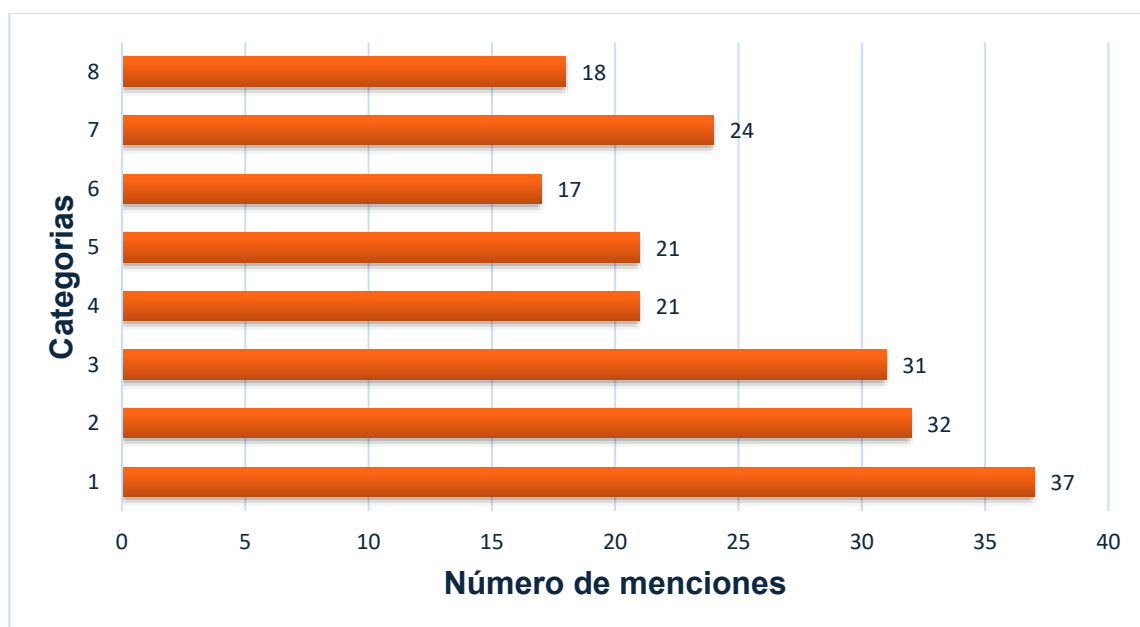


Figura 17. Percepción de los productores sobre la digitalización

*Nota: Categoría 1= Aumento de la producción, 2=Reducción del uso de agua, 3= Reducción de agroquímicos, 4= Reducción en los costos de producción, 5= Diferenciación con la competencia, 6= Aumento en la calidad de la producción, 7= Facilitar procesos administrativos, 8=Reducción de la carga de trabajo

Los resultados muestran que la principal expectativa de los productores al adoptar herramientas digitales es el aumento en la producción, con 37 menciones. Otro hallazgo clave fue la reducción, tanto del agua y agroquímicos, considerados insumos valiosos para el productor. En contraste, la reducción de costos, pues no delegarían las finanzas a una herramienta digital. Asimismo, se

espera que estas tecnologías optimicen las tareas administrativas con 24 menciones. Por otro lado, la calidad no fue un punto que consideren que se puede lograr con herramientas digitales, si no que recae más en las tareas y actividades en campo.

5.5 Panorama general de los productores y técnicos

La figura 18 ilustra una red que representa el uso de diferentes dispositivos en los productores. En la red, los nodos azules grandes indican las categorías de Computadora, Celular, Notas en papel, Consultas IA y ninguno. Los nodos pequeños, etiquetados como "prod" seguidos de un número, identifican a los productores. Se observó que 10 productores usan computadora, 22 el teléfono celular, 20 notas en papel, dos realizan consultas en IA, y cuatro no utilizan ninguna de estas tecnologías para tomar notas o recolectar datos.

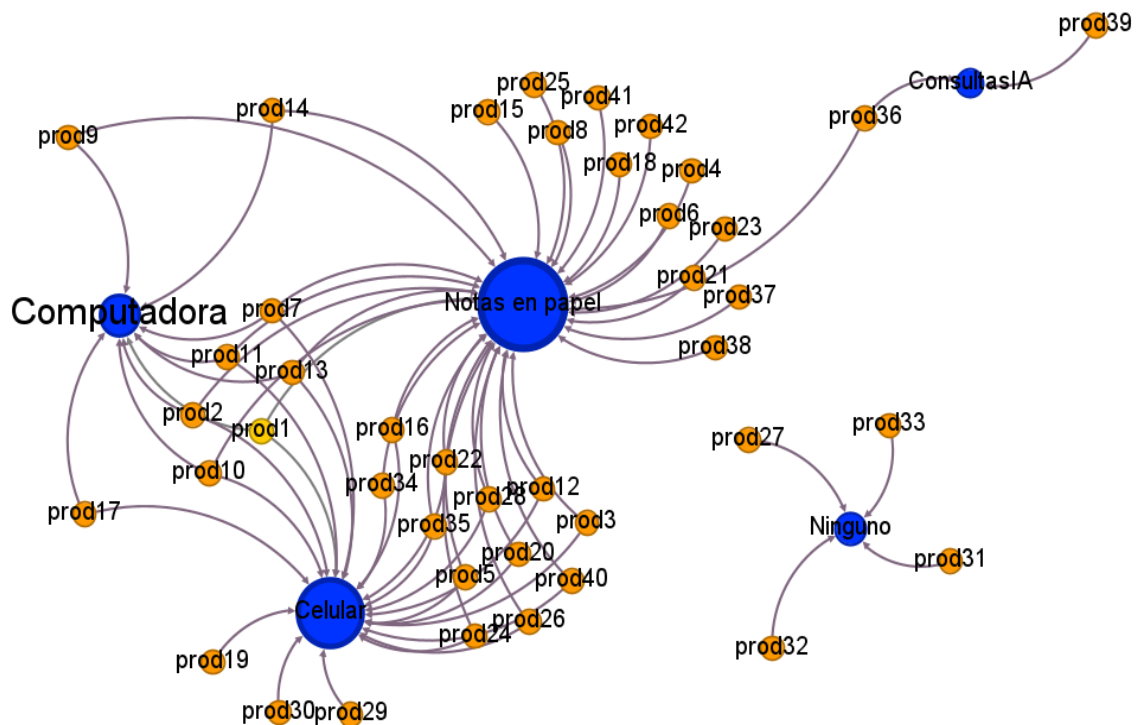


Figura 18. Red de distribución de los dispositivos en productores

Fuente: Elaboración propia con en campo, 2024

De acuerdo con GSMA, (2024), tras la crisis sanitaria, el smartphone se consolidó en América Latina como el dispositivo digital más extendido, especialmente en zonas vulnerables, pues es un artículo esencial para la vida cotidiana. En la mayoría de los casos, los teléfonos que poseen los encuestados, en su mayoría tienen entre 1 o 3 años de antigüedad y cuentan con todas las funciones esenciales para entrar al mundo digital. El uso de las notas en papel prevalece en la generación veterana, quienes, aunque poseen teléfonos personales, no buscan integrarlo en la producción de cítricos. Asimismo, no se registró el uso de drones, sensores o el uso de tecnología satelital para la transmisión de datos, señalando que no existen impulsos para adquirirlas, correspondiendo con la prioridad de resolver los problemas fitosanitarios, como el HLB. Esto sugiere que la actualización digital aun no forma parte central de la discusión en estas zonas. La figura 18 muestra, como los productores están gravitando, aun así, cada vez más hacia los medios digitales, a medida que la población joven releva a la anterior.

En los resultados se encontraron cuatro productores con más de 50 años de experiencia, ellos comentaron no emplear ninguno de estos dispositivos, ni tomar datos con notas en papel, argumentando que las observaciones directas en campo y las practicas tradicionales aseveran ser suficientes.

Por su parte, la figura 19 representa el uso de tecnológico entre los técnicos, representando las categorías Celular, Computadora, Notas en papel y Tablet. En este caso, todos utilizan algún dispositivo para la toma de datos, por la naturaleza de su trabajo. Los nodos azules representan categorías tecnológicas, y los nodos verdes identifican a los técnicos con “Tec” seguido de su número identificador.

Se encontró que 22 técnicos involucran teléfonos celulares y más de 20 utilizan la computadora, para generar bases de datos, elaborar reportes, realizar o asistir a capacitaciones en línea, usar software especializado y la comunicación. Además, 17 aun toman notas en papel, mientras que solo 1 mencionó usar una tableta digital. La mayoría de los técnicos combinan varios dispositivos, lo que refleja su mayor familiaridad con entornos digitales, y su acceso a equipos

electrónicos. Por lo que es de esperar la ausencia de técnicos que no ocupen alguno de estos dispositivos. No obstante, al igual que entre los productores, las notas en papel siguen siendo el medio preferido para recabar de datos en campo.

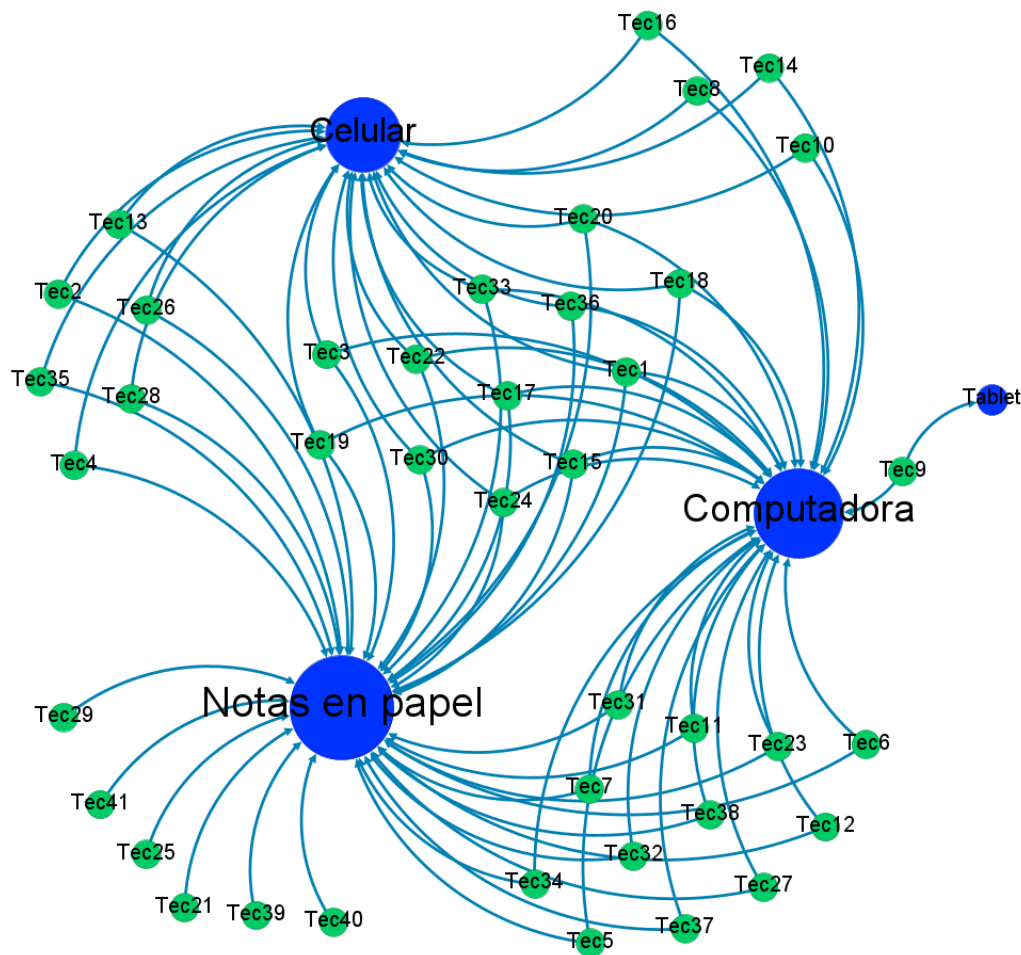


Figura 19. Red de distribución de los dispositivos en los técnicos

Fuente: Elaboración propia con en campo, 2024

5.6 Situación de los factores técnicos de los productores

Para habilitar el uso de herramientas digitales, en teoría se necesitan 2 recursos básicos, el acceso a energía eléctrica y una conexión a internet, cumpliendo así con el concepto del IoT. En la zona de estudio los productores tienen al alcance dichos recursos, pero el tipo, disponibilidad y calidad son diferentes. Es sobre todo la conectividad móvil de internet en zonas rurales, un factor clave para el desarrollo y presencia de las soluciones digitales (GSMA, 2024).

5.6.1 Disponibilidad de internet

El grueso de los productores se ubica en Puebla, se indago sobre el tipo de conexión a internet disponible. Si bien todos afirmaron contar con internet, no todos la pueden utilizarlo en sus zonas de trabajo, ya que la conectividad no siempre está disponible en las parcelas. En la figura 20, aproximadamente la mitad de los productores reportó no contar con una conexión a internet estable en campo, representando una limitación importante para usar herramientas digitales. Además, 12 mencionaron contar conexión, pero desconocen su tipo, mientras que 3 personas cuentan con una conexión 4g, y 5 con red 5g. De acuerdo con la IDDE (2024), Puebla registro un aumento del 2.5% en la cobertura de redes móviles, así como un incremento del 3% en la penetración de banda ancha móvil, y un 1% en la fija. Sin embargo, los resultados obtenidos en campo no reflejan estos avances, pues casi la mitad de los encuestados señalo no disponer de internet en sus casas o zonas de trabajo. Por lo que en Ayotoxco, la cobertura aun no se da de forma homogénea.

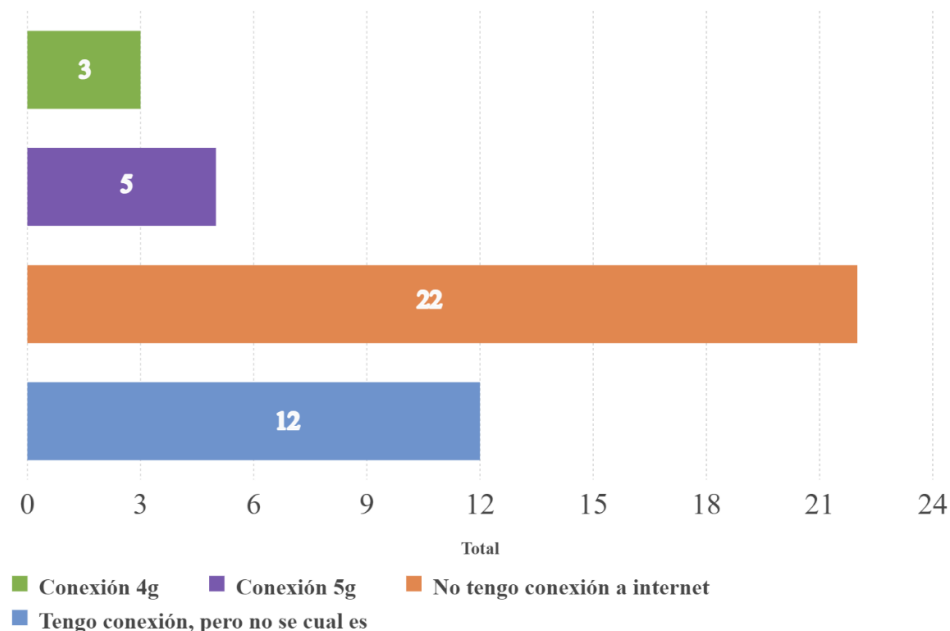


Figura 20. Tipo de conexión en los productores

Fuente: Elaboración propia con en campo, 2024

La IDDE, describe que la cobertura en Puebla ha descendido a comparación de 2019, y en muchos casos los productores tenían acceso mediante un plan telefónico personal. En contraste, Veracruz no registro mejoras significativas, pero tampoco retrocesos en este indicador. La calidad que obtienen de ese internet, en la figura 21 se muestra que casi la mitad de la población mencionó contar con una conexión estable, pero esta suele ser de baja velocidad y tener cortes con frecuencia, 12 de ellos simplemente consideran que es baja su velocidad, pero su conexión se mantiene constante, 10 de ellos tienen una conexión rápida y sin cortes en todo momento. En general para el internet, se observó que la conectividad en las zonas agrícolas sigue siendo inestable, sin embargo, esta cobertura mejora en zonas urbanas, como en los hogares, por otra parte, la calidad de las conexión estables y rápidas aun representan el mínimo de usuarios, pues la gran parte de la población presenta algún tipo de problema.

En la IDDE Veracruz es el estado que más retrocede digitalmente, tanto en infraestructura, como digitalización de la sociedad, siendo los técnicos los más limitados en este estado. En tanto, los productores en Puebla se han digitalizado con énfasis en sus teléfonos personales, resultando en una mayor digitalización de su sociedad en comparación.

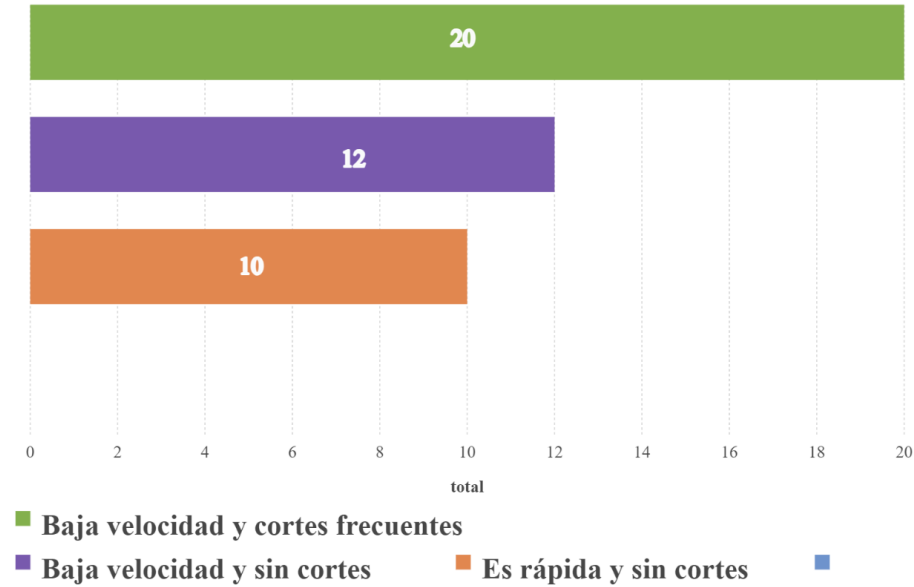


Figura 21. Calidad de la conexión a internet de los productores

Fuente: Elaboración propia con en campo, 2024

5.6.2 Disponibilidad eléctrica

En cuanto a la disponibilidad eléctrica, se encuestó sobre la posibilidad de acceder a una conexión eléctrica estable. Como se presenta en la figura 22, casi la mitad de los productores reportó experimentar algún corte ocasional y bajones en el voltaje. Entre los factores mencionados, destacan el uso indebido de la conexión eléctrica por parte de algunos vecinos o pobladores, así como la falta de mantenimiento. En la mayoría de las encuestas, se mencionan que se cuentan con pequeños edificios en las parcelas que cuentan con una instalación eléctrica básica, sin supervisión técnica. Por otro lado, 8 productores que informaron tener una conexión eléctrica constante y sin interrupciones, generalmente ubicados en las cercanías de los pueblos o dentro de las zonas urbanas, permitiendo un acceso más formal a la red eléctrica. Aunque cabe precisar que estos últimos productores mencionaron tener sus parcelas muy próximas a sus viviendas, mientras que la mayoría trabaja a distancias considerables a sus domicilios, o en terrenos familiares (padres, o abuelos), donde puede no existir infraestructura eléctrica.

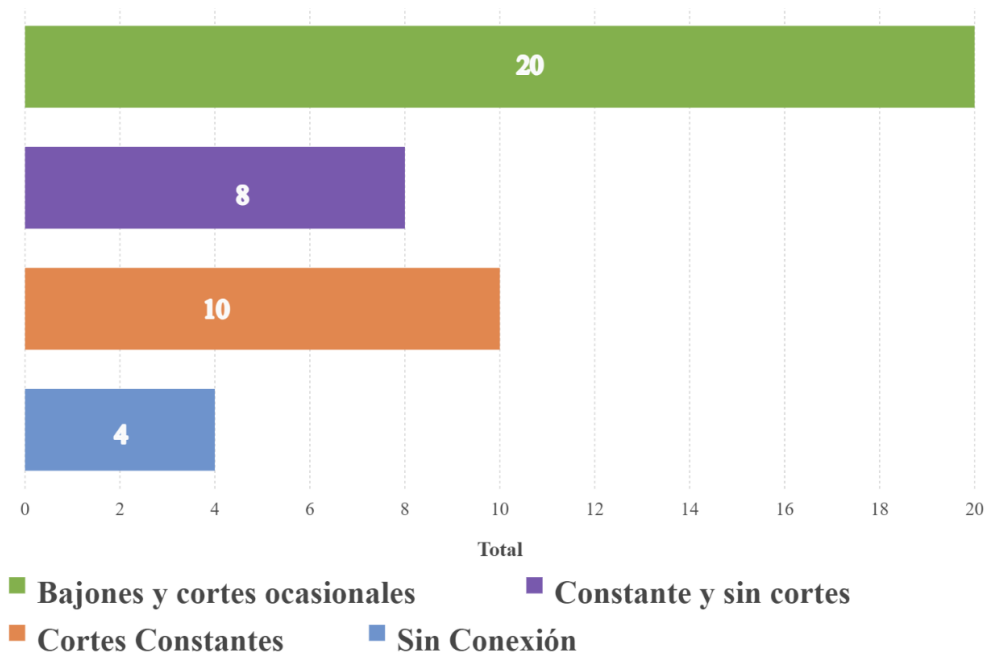


Figura 22. Calidad eléctrica de los productores

Fuente: Elaboración propia con en campo, 2024

En síntesis, la mayoría de los productores carece de una conexión eléctrica disponible en su zona de trabajo. Si bien esta condición no impide completamente las posibles labores agrícolas digitales más básicas como la IA, esto puede restringir el uso de más tecnologías, o incrementar la inversión inicial para digitalizarse.

5.7 Habilidades digitales

Se evaluó las capacidades de manejo, de software, uso de aplicaciones de comunicación, plataformas de IA y otras actividades cotidianas del mundo digital, Estos indicadores, permiten estimar el nivel de alfabetización digital y su capacidad para desenvolverse en un contexto cada vez más digital.

Cuadro 9. Calificación promedio de habilidades digitales en productores y técnicos

*Habilidad digital	Técnicos	Productores
Variable 1	2.56	1.76
Variable 2	2.61	1.76
Variable 3	2.49	1.57
Variable 4	2.41	1.90
Variable 5	2.51	1.64
Variable 6	2.27	1.50
Variable 7	2	1.55
Variable 8	2.07	1.40

*Nota: Variable 1 = Descarga de datos, 2 = Manejo WhatsApp, 3 = E-commerce, 4 = Uso de redes sociales, 5 = Manejo de paquetería office, 6 = Aplicaciones de IA, 7 = Uso de software para el registro actividades y datos, 8 = Búsqueda de información especializada

Fuente: Elaboración propia con en campo, 2024

En el cuadro 9 se muestran los resultados de las habilidades digitales en productores y técnicos, para habilidades como la búsqueda y descarga de datos o información, el uso de la META IA en la plataforma de WhatsApp (WA), la práctica del comercio electrónico, su dominio y familiarización de las redes

sociales, entre otras, según GSMA, (2024); las habilidades o alfabetismo digital es otro factor clave entre los agricultores para aprovechar las soluciones digitales.

Los resultados expresan que los técnicos presentan un nivel superior en todas las categorías, en aspectos como las redes sociales y el manejo de la paquetería office existe un nivel bastante dispar, lo que podría asociarse a la escolaridad de cada grupo, ya que en los productores existen varios con estudios universitarios y por ende poseen también buenas habilidades. En contraste, los productores mayores y con baja escolaridad mencionaron no emplear estas herramientas solo las aplicaciones de comunicación, reduciendo el promedio general del grupo. En consecuencia, la formación digital intergeneracional emerge como una prioridad para futuras estrategias de capacitación.

En cuando a las herramientas con IA, los técnicos reportaron un uso ocasional, principalmente de IA generativa o para crear contenido multimedia, aunque se señaló una baja utilidad con el tiempo de estas. Los productores, por su parte, mencionaron también un uso limitado, principalmente utilizando la integrada en la aplicación de mensajería WhatsApp, destacando su valor practico para resolver dudas puntuales sobre producción. El uso de WhatsApp como plataforma para la IA fortalece la promoción entre sus usuarios, siendo una estrategia de las empresas para socializar estas herramientas (GSMA, 2024).

Nuevamente, en síntesis, se encontró otra brecha, de ambas poblaciones respecto al dominio de las herramientas de IA. En consecuencia, estas no están encontrando un uso directo actualmente, lo cual hace que sean relegadas por actividades como la consulta de información. Si bien la adopción es todavía incipiente, la exposición gradual a estas plataformas de IA, sugiere que su uso podría aumentar progresivamente, y si se combina con el fortalecimiento de las habilidades digitales y la confianza

5.8 Condiciones y tendencias de los proveedores

En la fase campo, se logró entrevistar a 2 empresas que proveen tecnologías que involucran la digitalización, el IoT y la aplicación de IA en la agricultura, y se

encuentran operando en México. Estas ofertan mediante distintas tecnologías o paquetes tecnológicos, mejorar la producción, comercialización y la eficiencia en mantener la calidad de los productos. Como resultado se obtuvo los requisitos generales para poder acceder a estas tecnologías a un nivel de los pequeños productores de Ayotoxco y Álamo.

5.8.1 Hispatec México

Esta empresa procedente de España fue fundada en 1985 por Antonio Galindo. Cuenta con 8 años de operación en México. De acuerdo en la entrevista, sus tecnologías han sido probadas y refinadas para ofrecer productos para la digitalización agrícola de alta calidad y eficiencia.

Su especialidad radica en la gestión integral de la cadena de suministro agroalimentaria, mediante la aplicación del IoT. Sus productos y servicios están basados en la implementación de sistemas agro-inteligentes, diseñados para recopilar y analizar datos en cada etapa de la cadena, con la finalidad de optimizar las explotaciones agrícolas.

La empresa ha desarrollado paquetes tecnológicos específicos para cada etapa de la cadena de producción, estos pueden funcionar de manera independiente o complementaria, lo que permite a los usuarios seleccionar únicamente aquellos que responden a sus necesidades, en el cuadro 10 se pueden observar los productos ofrecidos.

Cuadro 10. Productos y servicios ofrecidos por la empresa 1

Nombre de la tecnología	Descripción
ERPagro	Software que integra todos los datos recabados, desde la producción hasta la trazabilidad.
Efemis	Software de planeación de la actividad agrícola, alimentada con datos de GPS, Imágenes satelitales, predicción climática y sensores
Agrosales	Una plataforma digital que brinda la información necesaria para hacer recomendaciones precisas.

Margaret (IA)	Auxilia en la toma de decisiones críticas para la organización.
---------------	---

Fuente: Elaboración propia con en campo, 2024

5.8.2 Nax Solutions

Esta empresa, también de origen español, es más joven, fundada en 2018, y se especializa en el desarrollo de tecnologías innovadoras para el sector agroalimentario. Retomando el concepto del IoT, integra datos geoespaciales y tecnologías como la IA, el BD y la “teledetección”, esto con el fin de mejorar la producción, sostenibilidad y rentabilidad agrícola.

En México cuenta con 4 años de operación, y con presencia en 6 países latinoamericanos como Nicaragua, Ecuador, Chile y Argentina. A diferencia de la empresa anterior, su enfoque se centra en el análisis de datos recopilados, con el fin de proporcionar respuestas y apoyo en la toma de decisiones de los productores, sin intervenir en las demás etapas de la cadena productiva.

Sus productos están orientados principalmente a optimizar la producción y al control eficiente de los recursos usados en campo, en concordancia con los principios de la A4 y la AP, en el cuadro 11, se muestran las principales tecnologías ofertadas.

Cuadro 11. Productos y servicios ofrecidos por la empresa 2

Nombre de la tecnología	Descripción
Herramienta de control Hídrico	Modelo que indica agua en hoja, estrés hídrico, evaporación y el balance hídrico.
Herramienta de fertilización	Colecta de datos, mediante un estudio metodológico para crear mapas de dosificación,
Control de salubridad	Monitoreo de clorofila, biomasa y detección de plagas.

Predicción de producción	Generación de estimaciones de producción, basadas en datos climáticos, insumos y costos.
Detector de anomalías	Evaluación de la información de todos los aspectos anteriores, sirve para la detección de plagas, maleza y despoblamientos.

Fuente: Elaboración propia con en campo, 2024

5.9 Usuarios reales de las tecnologías digitales

Durante la entrevista, se indagó sobre el perfil de los clientes que utilizan estos servicios, es decir, si existe un perfil de su consumidor. En ambos casos, la respuesta comentó que no existe un solo perfil, ya que sus soluciones pueden ser adoptadas por grandes empresas y organizaciones pequeñas de hasta 20 productores, sin que exista un número mínimo requerido para iniciar.

Aunque no proporcionaron cifras exactas, la mayoría de los clientes actuales son grandes empresas, que realizan grandes operaciones a nivel internacionales. En el caso de la empresa 2, suelen también tener casos de éxito en medianas empresas agrícolas, evidenciando una mejor flexibilidad en su modelo de negocio.

Asimismo, los técnicos e ingenieros que colaboran con los clientes se benefician al adquirir conocimientos sobre las tecnologías digitales. No obstante, se detectó una ausencia en trabajos con pequeños productores indicando que estos no se están apropiando al mismo ritmo de estas innovaciones.

5.9.1 Condiciones mencionadas

En el aspecto técnico, un hallazgo relevante es que no se requiere una extensión mínima de hectáreas, ni un tipo específico de cultivo, lo que reduce los requisitos técnicos en la actualidad. Este tipo de tecnologías, se pueden adecuar hasta cierto punto a la realidad del campo, aunque su implementación depende de una

evaluación previa, la disponibilidad de tecnología y la capacitación de productores.

Generalmente, las herramientas digitales requieren grandes volúmenes de datos, para poder ofrecer resultados confiables. En el caso de la producción de cítricos, no se tienen bases de datos locales sobre volumen de producción, costos, recursos utilizados. Para resolverlo, las empresas emplean datos de los mismos cultivos, de otros países, con condiciones climáticas y disponibilidad de recursos similares, lo que permite ajustar algoritmos predictivos ya entrenados que pertenecen a las empresas.

Antes de contratar los servicios, las empresas realizan un diagnóstico inicial, empresas entablan conversaciones con los clientes donde identifican los objetivos, y así diseñar el mejor plan de acción personalizado. Este proceso, también define los costos financieros o planes de pago, acordados con una institución financiera. Los factores decisivos para adoptar estas innovaciones son la organización de los productores y el interés por innovar. La organización facilita el acceso al financiamiento, la cooperación y la transferencia de conocimientos, reduciendo la necesidad de mano de obra especializada.

Por su parte, el interés individual para aprender a usar estas tecnologías resulta crucial para aprovechar el potencial de la digitalización. Sin embargo, generar esta motivación en el productor puede ser en realidad la barrera más difícil de superar, pues la desconfianza tecnológica, los errores en la información, o la dependencia excesiva en una IA, puede llevar a un escenario negativo, por lo que una enseñanza objetiva sobre el aprovechamiento de la IA debe ser una prioridad para generar el interés necesario.

Contrario a lo esperado, no se exige contar con equipos específicos, ni tampoco conocimientos especiales, aunque es deseable tener habilidades y competencias digitales, están pueden enseñarse progresivamente. En caso del equipo que se requiera, este se cotiza, y se puede obtener mediante terceros.

El internet, solo es una condición de interés para la empresa 2, quien depende más de la generación y análisis de datos en línea. Sin embargo, ambas destacaron que ya no es necesario mantener una conexión constante, los datos pueden capturarse sin internet, y subidos a la nube en otro momento cuando se tenga este servicio, al existir estas tecnologías se facilita su aplicación en campo, de acuerdo con lo mencionado con la empresa 1.

En resumen, en el cuadro 12 se mencionan las condiciones para poder obtener estas tecnologías por empresa.

Cuadro 12. Requisitos necesarios mencionados por las empresas

Empresa 1	Empresa 2
Organización de los productores	Organización de los productores
Diagnóstico del cliente	Examen de la situación de la organización.
Interés por aprender a utilizar las herramientas.	Interés por aprender a utilizar las herramientas.
No es indispensable el internet todo el tiempo.	Deseable internet disponible.

5.9.2 Tendencias

Se cuestionó a las empresas, sobre el futuro de las herramientas digitales, como la IA y el IoT en la agricultura mexicana. Ambas coincidieron que estas tecnologías, permanecerán y que su adopción definiera posiblemente un nuevo tipo de competitividad del sector en los próximos años.

La empresa 1, estimo que al menos el 85% de las empresas mexicanas no están digitalizadas, o lo están en niveles mínimos, lo que coincide con los datos de la IDDE (2024), entre las empresas con acceso a internet, el 43% de las empresas utilizan herramientas básicas (redes sociales, banca electrónica o videollamadas), 36% maneja soluciones intermedias (como servicios en la nube,

firmas electrónicas) y solo el 20% utiliza herramientas avanzadas, como bases de datos, servidores o Apis (Application Programming Interfaces) (CMD, 2024).

Por lo tanto, la promoción efectiva en los próximos años dependerá también de las políticas públicas y las universidades que impulsen la investigación y aplicación de IA en la agronomía y esta pueda digitalizarse con los años.

5.10 Propuesta para promover la agricultura 4.0

Con la información anterior, se diseñó una metodología estructurada para la introducción de IA entre los productores agrícolas a fin de fomentar su interés. Esta tecnología, al ser de fácil acceso en cualquier teléfono celular, constituye un puente estratégico para familiarizar a los productores con las nuevas innovaciones digitales, sentando las bases para la futura incorporación de sistemas avanzados como drones o sensores IoT, así como herramientas de análisis más profundas de producción. Se espera, estas soluciones puedan dotar a los productores de información verídica y oportuna en la anticipación de desafíos ambientales asociados al cambio climático.

La propuesta prioriza la viabilidad operativa, considerando las características sociodemográficas de la población estudiada, sus recursos, conocimientos y las perspectivas del sector empresarial. Es así como se establece como principio la creación de una enseñanza formativa, concisa y con mínimos requerimientos técnicos, para que esta pueda ser replicada sin necesidad de una mayor inversión.

Como objetivo final, se espera que los productores incorporen a la IA como parte de su acervo de conocimientos y herramientas, mediante un proceso sistemático teórico práctico, y así puedan decidir si estas tecnologías aportan a solucionar sus problemas de toma de decisiones sin información.

5.10.1 Guía para usar IA

Objetivo: Como preguntar a la IA de forma sencilla y eficiente.

Es importante minimizar las causas por las que podrías recibir desinformación de parte la IA, para ello es necesario enseñar cómo hacer una pregunta, de modo que se pueda obtener las mejores respuestas, y de calidad, tomando en cuenta que esto variara dependiendo del modelo de lenguaje que se esté utilizando (Sandoval et al., 2024).

Al acto de realizar una consulta a una IA, se le conoce como “Prompt”. De acuerdo con Hernández Santana, (2024), esta es una instrucción o texto que se le proporciona a un modelo de lenguaje, como por ejemplo ChatGPT, para que genere una respuesta, actuando como la forma de comunicación entre el usuario y la IA, pudiendo usar uno o varios prompts a la vez. Un Prompt entre más contexto se provea, puede generar una mejor respuesta. Para realizar un buen Prompt en forma de una pregunta, se propone primero definir, qué decisión o problema debo resolver, después dar contexto, ubicación aproximada del predio, tipo de cultivo, en qué fase se encuentra, información climática, y si es posible fotos o descripciones detalladas; así como el momento, fechas o temporadas del año, proporcionar si se cuenta con ellos, datos de presupuestos, recursos, herramientas y restricciones, adicionalmente se puede pedir formatos especiales, como listas, metodologías o el formato más adecuado para el usuario, esta metodología se le denomino como 5P (problema, predio, periodo, parámetros y productos), como se muestra en la figura 23.

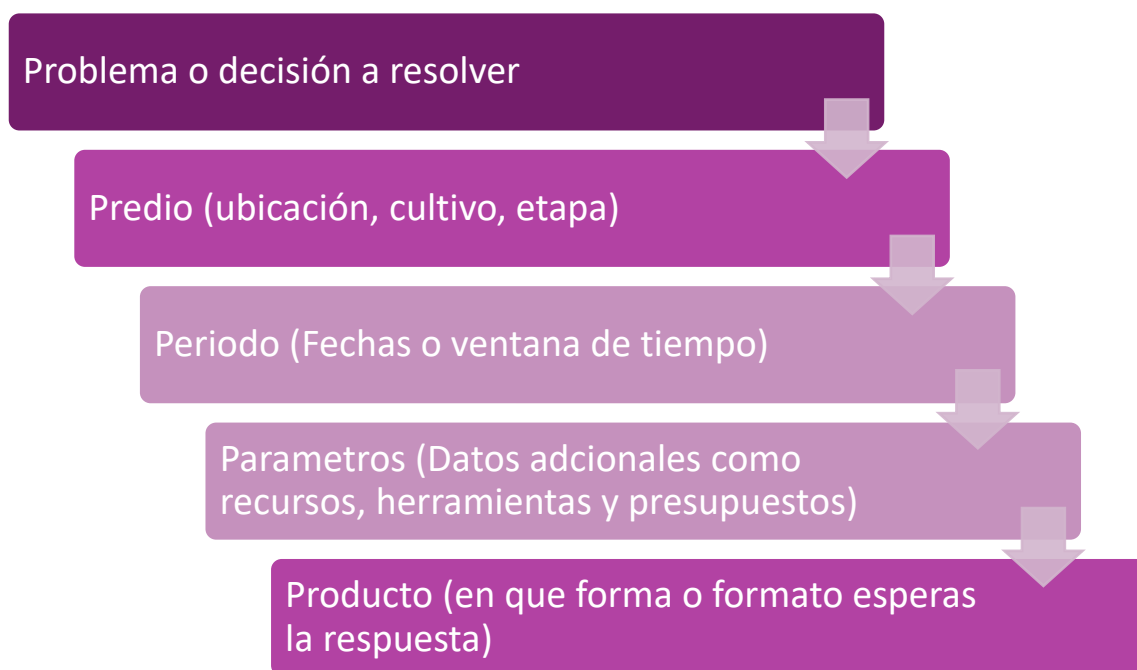


Figura 23. metodología propuesta como las 5p para realizar preguntas

En el anexo 9.3, se incluyen ejemplos de un Prompt, con distintos escenarios y datos disponibles. Estos pueden ser usados como un texto o mediante audios a la IA, recalcando la importancia de saber hacer una buena pregunta, pues de no realizar hacerlo, el productor podría obtener resultados que afecten negativamente sus operaciones o no sean útiles, sobre todo si este no tiene con quien comparar la información consultada.

5.10.2 Sesiones “micro” de capacitación

Objetivo: Capacitar a los usuarios el alcance del uso de IA

Para expandir el conocimiento sobre las capacidades y límites de la IA, se propone una etapa de capacitación diseñada para que sea puntual y cubra los aspectos más importantes a la hora de utilizar la IA para fines agrícolas. Buscando que la información presentada pueda ser consultable, estas se pueden generar, como formatos de videos cortos u hojas físicas y digitales, que se puedan consultar como lecciones individuales o una clase completa de una hora para las ESCAMP.

Se proponen 6 lecciones clave que amplíen el conocimiento sobre la IA en la agricultura, la primera lección aborda definir que es la IA y cuando debe usarse, la segunda lección enseñara como usar las 5P para hacer buenas preguntas, las siguientes lecciones trataran sobre donde obtener datos relevantes de fuentes oficiales, así como promover el uso de los conocimientos que ya posea el productor, otra lección tratara sobre como planear un combate de plagas, así como alentar el monitoreo y alerta de estas por parte de organismos oficiales, otra lección es utilizar IA para revisar costos y planear la venta, finalmente la última lección tocara los riesgos del mal uso de la AI, pues se debe enfatizar que esta tecnología es una herramienta para mejorar lo que ya se sabe hacer, de la cual no se debe depender, y no debe reemplazar la opinión profesional, en el cuadro 13 se presentan las lecciones propuestas, cada lección cuenta con uno a tres objetivos, una actividad a realizar, así como un formato de presentación, como se muestra en el anexo 9.4.

Cuadro 13. Micro capacitaciones propuestas

Lección	Duración	Formato
1.-Que es la IA y para que me sirve?	15 minutos	Digital y físico
2.-Como hacer buenas preguntas con las 5P		
3.-Datos de mi parcela para decisiones practicas		
4.-Plagas y enfermedades monitoreadas		
5.-Costos para decidir con números		
6.- Limites de la IA		

5.10.3 Bitácora

Objetivo: Generar datos para análisis a futuro.

Se generó un formato para registrar los cambios realizados por el agricultor, estas pueden ser llenadas a mano para favorecer el uso de un medio físico como se obtuvo en los resultados de esta investigación, es decir las notas en papel, pero una versión digital también puede generarse.

Este formato puede ser consultado en el anexo 9.5, mediante esta bitácora simple, se plantea dar seguimiento al proceso de adopción y obtener datos sobre que exactamente está consultando más el productor, cuantas veces, como realiza sus preguntas y verificar las respuestas obtenidas.

Todo esto puede arrojar datos para futuras investigaciones, así como detectar los siguientes retos en la digitalización agrícola rural.

5.10.4 Integración en las ESCAMP

Una estrategia para promover la transformación digital, es en la formación básica de competencias digitales del productor, buscando incrementar su acervo de conocimientos, manteniendo su saber ancestral, al mismo tiempo que se impulsa su crecimiento social y la modernización sostenible de la producción.

Objetivo: Difundir los materiales generados sobre el uso de IA para los productores, apoyándose de redes de educación exitosas como las escuelas campesinas (ESCOMP).

Las ESCOMP, representan un modelo educativo alternativo, que está teniendo éxito en México. De acuerdo con Lozano Toledano, (2016), este modelo está diseñado para atender las necesidades de capacitación y desarrollo de los productores, sobre todo aquellos que se encuentran en condiciones de vulnerabilidad, por lo que este modelo se presenta como un medio de calidad para promover la digitalización agrícola y que los productores más pequeños puedan participar en esta nueva etapa.

Este modelo permite una capacitación constante priorizando al productor y sus saberes, dándole importancia a sus experiencias y manteniendo una metodología de aprender-haciendo.

- a) La propuesta giraría en torno a incorporar los módulos simples y precisos para la capacitación sobre el uso de IA. Utilizando los materiales, estos pueden ser enseñados con un profesional, sin embargo, están diseñados para aprendizaje autodidacta, tanto digital como en medios físicos.

- b) Al integrar estas enseñanzas las ESCAMP, pueden generar sus propias redes de conectividad y redes de colaboración, ya que se promueven los conocimientos del productor, la riqueza de las experiencias que puedan llegar a tener los productores con los conocimientos impartidos, serán de suma importancia para integrar las herramientas digitales y permitir que la IA se adapte a los productores.

5.11 Retos de la agricultura 4.0 en el futuro

A continuación, se mencionan posibles retos a superar para generar una agricultura digital en México, y se mencionan varias veces en la teoría, por lo que se recomienda se aborden en futuras investigaciones.

5.11.1 Personal capacitado

Uno de los cambios más importantes para la I4.0, es la demanda de nuevas habilidades para utilizar, optimizar y mantener las adopciones digitales. El primer desafío radique en disponer de mano de obra adecuada para esta tarea, Vazquez Jaramillo & Amaro Rosales, (2022) mencionaron, que en la digitalización comercial de emprendimientos, hace falta la capacitación adecuada para el manejo y aprovechamiento de las tecnologías digitales por parte de los trabajadores rurales. Los autores hacen hincapié en la necesidad de tener habilidades necesarias para manejar TIC, especialmente las redes sociales, que permiten fortalecer la presencia digital y ampliar los canales comerciales.

Por otra lado, conforme las tecnologías digitales se integren en otras etapas de la cadena de valor, como la producción, se incrementa la exigencia del personal altamente capacitado y de una normatividad que regule su aplicación (Raja Santhi & Muthuswamy, 2023).

5.11.2 Impacto económico

Desde la perspectiva de un pequeño productor o emprendedor, existe una creciente consciencia sobre la necesidad de adaptarse a los tiempos actuales,

comprendiendo que mantener las mismas practicas tradicionales serán cada vez menos sostenible; No obstante, la innovación implica costos económicos que pueden ser significativos.

Una barrera constante en la teoría es la escasez de recursos para invertir en tecnología, esta hace que muchos pequeños productores sean cuidadosos frente a los cambios tecnológicos por la alta incertidumbre que esto significa (Vazquez Jaramillo & Amaro Rosales, 2022).

Además, la limitación de recursos económicos y capital humano no solo dificulta la adopción tecnológica, sino también la creación de la infraestructura necesaria para su funcionamiento. No todos los sistemas pueden asumir estos costos, y muchas tecnologías aun no alcanzan la “madurez” suficiente, por lo que los resultados, pueden ser inciertos y dependen del contexto de su aplicación (Barton et al., 2022; Finger, 2023; Raja Santhi & Muthuswamy, 2023).

5.11.3 Impacto social

Anteriormente, se abordaron los conceptos de la A4 y la AP, si pudiéramos resumir los objetivos de la A4, en una palabra, sería la automatización, cual implica un impacto al ser humano, al reducir su participación en los procesos para alcanzar más eficiencia.

Otro reto de este cambio, será el riesgo del desempleo, derivado de la automatización al eliminarse tareas repetitivas, o consideradas como mejorables y por ende generar actitudes negativas hacia la adopción de innovaciones (Raja Santhi & Muthuswamy, 2023). Por otra parte, los miembros de la sociedad que sean mayores de edad o discapacitados pueden encontrar aún más difícil adaptarse al nuevo cambio industrial (Nahavandi, 2019).

Para la Agricultura 5.0, el objetivo es, al contrario, es lograr una relación humano-robot. Sin embargo, Demir et al., (2019) menciona que puede haber preferencias personales negativas hacia trabajar con robots, lo que dificultaría la transición a entornos de colaboración humano-robot, también señala efectos psicológicos y

que la complejidad de la interacción social puede generar como incertidumbre y frustración.

A futuro, otra barrera más será la comprensión y el comportamiento ético de los robots, donde debemos considerar como establecer los principios éticos en los sistemas autónomos y su planteamiento ante dilemas de la misma naturaleza que el robot tendría que resolver (Demir et al., 2019; Nahavandi, 2019).

En síntesis, es importante ser objetivos con el uso de IA, y se debe ser responsable en su promoción, recordando que esta es una herramienta, y no debe reemplazar la consulta con un profesional.

5.11.4 Impacto ecológico

Las nuevas tecnologías digitales surgen como una solución a la optimización de recursos y lograr una agricultura más eficiente. Irónicamente, el uso de estas tecnologías genera también un impacto ambiental; Raja Santhi & Muthuswamy, (2023) señala que un reto es lograr un balance entre la sostenibilidad económica, ambiental y social, ya que enfocarse solo en una puede afectar las otras.

En las tecnologías de la I4.0 la generación y transmisión de cantidades masivas de datos, incrementa el consumo energético y a su vez la huella de carbono, a medida que estas tecnologías son adoptadas (Finger, 2023).

Por ultimo otro aspecto a considerar es que la automatización sin supervisión, siendo esta rápida y eficiente puede resultar en un fenómeno de sobreproducción contraproducente (Nahavandi, 2019).

6 CONCLUSIONES

El presente trabajo, analizó las capacidades técnicas y aspectos socioeconómicos de un grupo de citricultores del norte de Veracruz y Puebla, con el fin de comprender las condiciones actuales para la adopción de IA. Los resultados obtenidos muestran que las habilidades digitales de los productores son, en general básicas, limitándose a un uso cotidiano de los dispositivos móviles y aplicaciones de mensajería. Además, se identificó un desconocimiento casi total en el 90% de la población, sobre la IA y sus funciones, revelando una brecha de promoción entre los avances tecnológicos y la realidad rural. La población joven, destacando las mujeres, mostró una mayor familiaridad con las herramientas digitales y mayor disposición al aprendizaje del tema, a diferencia de los productores de mayor edad, quienes mantienen practicas más tradicionales y desconfianza hacia la tecnología.

Este contraste generacional evidencia que la alfabetización digital de la sociedad sigue siendo una tarea prioritaria, especialmente si se busca que la digitalización llegue de manera equitativa a todos los sectores rurales. En ese sentido, el teléfono móvil se consolida como el medio principal para promocionar la IA, ya que representa una tecnología accesible y ampliamente aceptada, sobre la cual las empresas pueden promover servicios de digitalización.

En cuanto a las condiciones técnicas, se determinó que tanto Veracruz y Puebla cuentan con un acceso aceptable en internet y energía eléctrica, aunque de forma limitada. No obstante, se corrobora que estos factores ya no son determinantes por si solos, pues las herramientas actuales permiten operar incluso con conectividad intermitente. Mas bien, la adopción tecnológica depende de factores humanos y organizativos, como la asociatividad de los productores, el interés colectivo y la articulación con las empresas proveedoras de tecnología. Estos elementos, junto con el acceso al financiamiento y la capacitación técnica, constituyen los verdaderos pilares que permitirían avanzar a una agricultura más digital en las zonas de estudio.

A partir del análisis empresarial, se identificó que las empresas valoran la disposición al aprendizaje y la organización comunitaria por encima de la infraestructura, pues adaptan sus soluciones a distintos contextos productivos. Sin embargo, también señalaron que el reto mas grande sigue siendo despertar el interés y confianza de los productores, ya que, sin la apropiación tecnológica, cualquier innovación queda relegada.

Ante este panorama, la investigación propone fomentar la promoción de la IA desde un enfoque inclusivo, donde las mujeres rurales jueguen un papel central como agentes del cambio, aprovechando su nivel educativo, apertura al aprendizaje y vínculos comunitarios. Las escuelas campesinas pueden seguir aportando como espacios estratégicos de capacitación, donde se enseñe el uso responsable y practico de la IA, fortaleciendo así la autonomía tecnológica del sector.

En conclusión, los hallazgos de este estudio demuestran que la digitalización del campo mexicano no depende únicamente de la infraestructura, sino de la capacidad humana y organizativa para adoptarla. La IA y las herramientas de la agricultura 4.0 deben asumirse como medios para potenciar la producción, mejorar la sostenibilidad y fortalecer la resiliencia de los pequeños productores. De este modo, la transformación digital puede convertirse en una vía para la modernización del agro, siempre que se construya desde la inclusión, la capacitación y la colaboración entre los actores públicos, privados y comunitarios.

7 RECOMENDACIONES

La presente investigación tuvo limitaciones que deben ser consideradas en futuros estudios, en primer lugar, la recolección de datos estuvo sujeta a la disponibilidad de los productores y técnicos, lo que permitió entrevistarlos en una ventana corta de tiempo, restringiendo aclaraciones o la posibilidad de dar seguimiento posteriormente.

También se debe señalar, que se debe de buscar validar o llevar a la realidad las propuestas hechas. Otra limitación fue la falta de datos precisos sobre el volumen de producción, pues debido al problema del dragón amarillo, los productores no pudieron dar datos concretos sobre la cantidad de producción, limitando el análisis posterior.

El aporte principal de este estudio es señalar que el interés y la organización son factores clave en la promoción y transición a la digitalización, se recomienda realizar estudios más profundos en el ámbito social, explorando cómo se comportan estas tecnologías en la realidad de un productor rural.

Otro punto importante, es que la IA es considerada como una herramienta que redefinirá al mundo en los próximos años, esto puede ser tanto positivo como negativo, en este estudio se trató de tomar la postura más objetiva sobre esta, se reconoce que esta tiene un potencial muy grande para la agricultura, pero nunca se debe olvidar cuestionar las respuestas de la IA y fomentar la no dependencia de esta tecnología, pero si encontrar un equilibrio entre la tecnología y las personas, y el conocimiento ancestral.

Finalmente, muchas empresas tanto mexicanas como extranjeras no cumplieron con los requisitos para entrar en el estudio, sin embargo, sería importante replantear en futuras investigaciones conocer estas empresas y tener un más amplio panorama de este nuevo mercado.

8 LITERATURA CITADA

- Barton, M., Budjac, R., Tanuska, P., Gaspar, G., & Schreiber, P. (2022). Identification Overview of Industry 4.0 Essential Attributes and Resource-Limited Embedded Artificial-Intelligence-of-Things Devices for Small and Medium-Sized Enterprises. *Applied Sciences*, 12(11), 1–6. <https://doi.org/10.3390/app12115672>
- Buenrostro Mercado, H. 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>
- Cabanelas Omil, J. (2019). Inteligencia artificial ¿Dr. Jekyll o Mr. Hyde? *Mercados y Negocios*, 40, 5–22. <https://doi.org/10.32870/myn.v0i40.7403>
- CMD. (2024). *Índice de Desarrollo Digital Estatal (IDDE) 2024*. <https://centromexico.digital/idde/2024>
- Demir, K. A., Döven, G., & Sezen, B. (2019). Industry 5.0 and Human-Robot Co-working. *Procedia Computer Science*, 158, 688–695. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.104>
- Finger, R. (2023). Digital innovations for sustainable and resilient agricultural systems. *European Review of Agricultural Economics*, 50(4), 1277–1309. <https://doi.org/10.1093/erae/jbad021>
- Garcia-Serrano, A., & Ossowski, S. (2018). Inteligencia Artificial Distribuida y Sistemas Multiagentes. *Inteligencia Artificial*, 2(12), 1–6. <https://doi.org/10.4114/ia.v2i6.614>
- Gill, R. A., Li, X., Duan, S., Xing, Q., & Müller-Xing, R. (2024). Citrus threat huanglongbing (HLB) - Could the rootstock provide the cure? *Frontiers in Plant Science*, 15(February), 1–5. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1330846>
- GSMA. (2024). *Advancing Digital Innovation for Smallholder Farmers in Latin America programme*.

- Hansen, B. D., Leonard, E., Mitchell, M. C., Easton, J., Shariati, N., Mortlock, M. Y., Schaefer, M., & Lamb, D. W. (2022). Current status of and future opportunities for digital agriculture in Australia. In *Crop and Pasture Science*. CSIRO. <https://doi.org/10.1071/CP21594>
- Hernández Santana, G. (2024). Prompts y pensamiento crítico en la edad de la inteligencia artificial. *Artículo, July*.
- INEGI. (2020). *Ayotoxco de Guerrero*. Data Mexico. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/ayotoxco-de-guerrero>
- INEGI. (2022). Censo Agropecuario estado de veracruz. In 2006. <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018.aspx>
- INEGI. (2023). *Censo Agropecuario 2022*.
- INEGI, & IFT. (2023). Encuesta Nacional sobre disponibilidad y uso de tecnologías de la información en los hogares (ENDUTIH 2022). *Comunicado de Prensa N° 367/23, 2021, 1–22*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/ENDUTIH/ENDUTIH_22.pdf
- Kagermann, H., Anderl, R., Gausemeier, J., & Schuh, G. (2011). *Sustainability in a global context*. https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2016/11/acatech_eng_STUDIE_Industrie40_global_Web.pdf
- La Jornada. (2017). *Alerta migrante mexicano sobre riesgo del atraso tecnológico en el sector agrícola*. <https://www.jornada.com.mx/2017/12/20/politica/015n2pol>
- Lopez, D. (2025). *15% del agro mexicano usa inteligencia artificial en producción de alimentos*. El Economista. <https://www.eleconomista.com.mx/bitronomie/15-agro-mexicano->

inteligencia-artificial-produccion-alimentos-20250619-764272.html

- Lozano Toledano, A. (2016). Las Escuelas Campesinas (ESCamp) en México: una opción de desarrollo regional. In *Modelos alternativos de capacitación y extensión comunitaria*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Montiel, A. (2025, February). *Inteligencia artificial, la revolución que se viene en los campos mexicanos*No Title. <https://redagricola.com/inteligencia-artificial-la-revolucion-que-se-viene-en-los-campos-mexicanos/>
- Nahavandi, S. (2019). Industry 5.0-a human-centric solution. *Sustainability (Switzerland)*, 11(16), 13. <https://doi.org/10.3390/su11164371>
- Obiero, K. O., Waidbacher, H., & Nyawanda, B. O. (2019). *Predicting uptake of aquaculture technologies among smallholder fish farmers in Kenya* Content courtesy of Springer Nature , terms of use apply . Rights reserved . Content courtesy of Springer Nature , terms of use apply . Rights reserved . 1689–1707.
- OEM. (2025). *Sader construirá tres laboratorios en Veracruz para combatir el virus del dragón amarillo en cítricos*. Diario de Xalapa. <https://oem.com.mx/diariodexalapa/local/sader-construira-tres-laboratorios-en-veracruz-para-combatir-el-virus-del-dragon-amarillo-en-citricos-25295764>
- Ojeda-beltrán, A. (2022). *Plataformas tecnologicas en la Agricultura 4 . 0 : Una mirada al desarrollo en Colombia* *Technological platforms in agriculture 4 . 0 : An overview of the development in Colombia*. 3(1), 9–18.
- Piña, P. (2025). *Aumenta a 35% participación de mujeres en sistemas agroalimentarios; persisten desigualdades: FAO*. CIMAC Noticias. <https://cimacnoticias.com.mx/2025/06/02/aumenta-a-35-participacion-de-mujeres-en-sistemas-agroalimentarios-persisten-desigualdades-fao>
- Raja Santhi, A., & Muthuswamy, P. (2023). Industry 5.0 or industry 4.0S? Introduction to industry 4.0 and a peek into the prospective industry 5.0

- technologies. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 17(2), 947–979. <https://doi.org/10.1007/s12008-023-01217-8>
- Ríos Hernández, R. (2020). La Agricultura de Precisión. Una necesidad actual Precision Agriculture. A current necessity. *Revista Ingeniería Agrícola*, 11(1), 67–74. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.28326.32325>
- Ryan, M. (2022). The social and ethical impacts of artificial intelligence in agriculture: mapping the agricultural AI literature. In *AI and Society*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s00146-021-01377-9>
- Sandoval, M. A. H., Morales, G. J. A., Vásquez, H. L., Huerta, J. C., & Filobello, U. A. A. (2024). El uso del prompt de ChatGPT como asistente en la educación. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 14(28).
- Santillán, R., De, F. R. F., Rodríguez, C. G., Monge, D., & Hernández, C. M. (2021). LA SINTOMATOLOGÍA DEL WOOD POCKET EN LIMÓN PERSA ESTÁ ASOCIADA A LA REPRESIÓN DE GENES ANTIOXIDANTES . 3(6), 1.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). *Escenario mensual de productos agroalimentarios Naranja* (Issue 55, pp. 1–2).
- SIAP. (2020). *Avance de Siembras y Cosechas Resumen por estado*. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do
- Sotomayor, O., Ramirez, E., & Martinez, H. (2021). La Digitalización y cambio tecnológico en las mipymes agrícolas y agroindustriales de América Latina. In S. Cruz & M. Aedo (Eds.), *Agricultura digital en El Salvador, Guatemala, Honduras y México* (pp. 123–165). CEPAL/FAO. <https://doi.org/10.2307/jj.1866791.10>
- Vargas Canales, J. M. (2022). El sector agroalimentario mexicano y las nuevas

tecnologías. *E-Agronegocios*, 8(2), 89–113.
<https://doi.org/10.18845/ea.v8i2.6156>

Vazquez Jaramillo, M. del R., & Amaro Rosales, M. (2022). Digitalización y modelos de negocios en Mipymes textiles mexicanas, el caso de Nube Ciega. *Entreciencias: Diálogos En La Sociedad Del Conocimiento*, 10(24).
<https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2022.24.83708>

Wolfert, S., & Isakhanyan, G. (2022). Sustainable agriculture by the Internet of Things – A practitioner’s approach to monitor sustainability progress. *Computers and Electronics in Agriculture*, 200.
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107226>

Worldmeters. (2022). *Worldmeter*. <https://www.worldometers.info/world-population/>

Ziegler, S., Arias-Segura, J., Bosio, M., & Camacho, K. (2020). *Conectividad Rural en América Latina y El Caribe*.
<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/12896/BVE20108887e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

9 APENDICE

9.1 Capacidades de adopción de innovaciones digitales con inteligencia artificial (IA)

NOMBRE * <i>Indique su primer nombre y ambos apellidos</i>
INDIQUE SU GÉNERO ☐ Hombre ☐ Mujer ☐ Prefiero no decir
¿QUÉ EDAD TIENE? * <i>Ingrese su edad solo con números</i>
ESTADO * <i>Estado donde se encuentra su predio.</i>
MUNICIPIO * <i>Municipio donde se encuentra su predio.</i>
ESCOLARIDAD * <i>Indique su nivel máximo de estudios.</i> ☐ No cuento con estudios ☐ Primaria ☐ Secundaria ☐ Preparatoria ☐ Licenciatura ☐ Posgrado
¿CON CUÁNTAS HECTÁREAS CUENTA? * <i>Ingrese el número de hectáreas con el que cuenta</i>
AÑOS DE EXPERIENCIA EN LA PRODUCCION DE NARANA JA: <i>indique cuantos años tiene dedicándose a la actividad.</i>

Capacidades de adopción de innovaciones digitales con inteligencia artificial (IA)

NOMBRE * <i>Indique su primer nombre y ambos apellidos</i>
INDIQUE SU GÉNERO ☐ Hombre ☐ Mujer ☐ Prefiero no decir
¿QUÉ EDAD TIENE? * <i>Ingrese su edad solo con números</i> ⬆ ⬇ ⬇ ⬆
ESTADO * <i>Estado donde se encuentra su predio.</i>
MUNICIPIO * <i>Municipio donde se encuentra su predio.</i>
ESCOLARIDAD * <i>Indique su nivel máximo de estudios.</i> ☐ No cuento con estudios ☐ Primaria ☐ Secundaria ☐ Preparatoria ☐ Licenciatura ☐ Posgrado
¿CON CUÁNTAS HECTÁREAS CUENTA? * <i>Ingrese el número de hectáreas con el que cuenta</i>
AÑOS DE EXPERIENCIA EN LA PRODUCCION DE NARANA JA: <i>indique cuantos años tiene dedicándose a la actividad.</i>
PROPORCIONE UN CORREO ELECTRÓNICO, SI TIENE UNO.

¿CUENTA CON COBERTURA EN TODO SU LUGAR DE TRABAJO?					*
☐ Si ☐ No, pero en algunas partes si ☐ No					
¿HA INTENTADO IMPLEMENTAR TECNOLOGÍAS PARA DIGITALIZAR TU PRODUCCIÓN? POR EJEMPLO, USAR IA, SENSORES, AUTOMATIZACIÓN DE OPERACIONES, SOFTWARES ADMINISTRATIVOS ETC ☐ Si, he buscado y comenzado a digitalizarme ☐ Si, pero no he encontrado quien me ayude ☐ No, no me interesa					
INDIQUE EL NIVEL DE MANEJO QUE TIENE PARA REALIZAR ESTAS ACTIVIDADES:		Bajo	Medio	Alto	
DESCARGA DE DATOS (TEXTOS, IMÁGENES, VIDEOS, DOCUMENTOS, ETC.)	*	☐	☐	☐	
ENVÍO Y RECEPCIÓN DE ARCHIVOS POR WHATSAPP	*	☐	☐	☐	
CONTRATAR Y COMPRAR SERVICIOS POR INTERNET (SUSCRIPCIONES, BANCA ELECTRÓNICA)	*	☐	☐	☐	
USO DE REDES SOCIALES (FACEBOOK, INSTAGRAM, ETC.)	*	☐	☐	☐	
MANEJO DE PAQUETERÍA OFFICE (WORD, EXCEL, ETC.)	*	☐	☐	☐	
DESCARGA Y USO DE PROGRAMAS SOFTWARE CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA)	*	☐	☐	☐	
USO DE SOFTWARE O APLICACIONES PARA EL REGISTRO ACTIVIDADES Y DATOS	*	☐	☐	☐	
TOMA DE CURSOS EN LÍNEA	*	☐	☐	☐	

SEÑALE LOS INSTRUMENTOS/MEDIOS QUE SABE EMPLEAR PARA TOMAR DATOS DE SU CULTIVO ☐ No tomo datos ☐ Tomo muestras de manera tradicional ☐ Sensores para suelo ☐ Sensores climáticos o estación meteorológica ☐ Sensores para plantas ☐ Drones ☐ Imágenes satelitales ☐ Ninguno de los anteriores					
¿CUÁNTO ESTARÍA USTED DISPUESTO A PAGAR POR INNOVACIONES DIGITALES? POR EJEMPLO, IA, SENSORES, IMÁGENES SATELITALES DE SU PREDIO...	Menos de 1000	1,000-5,000	5,000-15,000	15,000-20,000	
MONTO EN PESOS	○	○	○	○	
¿QUÉ TAN IMPORTANTES SON PARA USTED LOS SIGUIENTES ASPECTOS RESPECTO A LAS HERRAMIENTAS DIGITALES COMO LA IA? <i>Siendo 1= sin importancia, 2=mediamente importante, 3 = moderadamente importante, 4= importante y 5 muy importante.</i>	1	2	3	4	5
COSTOS	* ○	○	○	○	○
POCA ASISTENCIA TÉCNICA	* ○	○	○	○	○
DIFICULTAD PARA USAR IA	* ○	○	○	○	○
PROBLEMAS CON LA CONEXIÓN A INTERNET	* ○	○	○	○	○
SELECCIONE LAS VENTAJAS QUE ESPERARÍA DE LA DIGITALIZACIÓN DE SU ACTIVIDAD AGRÍCOLA: ☐ Aumento de la producción ☐ Reducción del uso de agua ☐ Reducción de agroquímicos ☐ Reducción en los costos de producción ☐ Diferenciación con la competencia ☐ Aumento en la calidad de la producción ☐ Facilitar procesos administrativos ☐ Reducción de la carga de trabajo					
FINALMENTE ¿CONOCE A ALGUIEN QUE ESTE USANDO ALGUNA TECNOLOGÍA PARA DIGITALIZAR SU PRODUCCIÓN? <i>Por favor, escriba su nombre y alguna forma de contacto:</i>					

9.2 Encuesta a empresas

3/5/24, 12:25

Encuesta a empresas

Encuesta a empresas

¿Cuántos años lleva operando, en México como proveedor de servicios digitales en la agricultura?

¿Cuál es el tamaño mínimo de la operación agrícola (en hectáreas) que consideran necesario para que la implementación de IA sea coste-efectiva?

Puede usar decimales

¿Qué tipo de cultivos o producciones agrícolas son más aptos para implementar sus servicios de IA?

New Question

1st choice

☐

Item to be ranked

☐

Item to be ranked

¿Qué nivel de infraestructura tecnológica debe tener el agricultor para implementar sus soluciones de IA?

¿Qué nivel de infraestructura tecnológica debe tener el agricultor para implementar sus soluciones de IA?

Siendo Bajo=1, Medio=2 y Alto=3

|

1

|

|

3

¿Es necesario que el cliente tenga conocimientos previos en tecnología o en el uso de herramientas digitales? Si es así, ¿a qué nivel?

¿Es necesario que el cliente tenga conocimientos previos en tecnología o en el uso de herramientas digitales? Si es así, ¿a qué nivel?

☐

Alto: Mucha experiencia en tecnologías y conocimientos digitales

☐

Medio: Experiencia en algunas tecnologías y conocimientos digitales básicos

☐

Bajo: Sin experiencia previa y muy pocos conocimientos digitales

¿Qué tipos de servicios de digitalización agrícola ofrece su empresa?

Puede seleccionar mas de uno

- ☐ Analisis de datos con IA
- ☐ Monitoreo de cultivos mediante sensores
- ☐ Monitoreo de cultivos con drones
- ☐ Sistemas de riego inteligentes
- ☐ Otro

¿Ofrece su empresa servicios personalizados según las necesidades específicas de cada agricultor?

Describe como lleva a cabo este proceso

¿Cuál es la inversión inicial aproximada que un agricultor debe estar dispuesto a realizar para adoptar sus tecnologías de IA?



¿Qué tecnologías principales utiliza su empresa para proporcionar servicios de inteligencia artificial agrícola?

Escriba cuales brevemente

¿Qué tecnologías principales utiliza su empresa para proporcionar servicios de inteligencia artificial agrícola?

- ☐ Sensores climaticos
- ☐ Sensores de suelo y/o humedad
- ☐ Software para la producción
- ☐ IA para toma de decisiones basadas en datos
- ☐ Sistemas de riego inteligentes
- ☐ Drones
- ☐ Sistemas guiados para tractores y otros vehículos
- ☐ Otros

¿Ofrecen planes de financiamiento o modelos de pago que faciliten la adopción de sus servicios?

Describe cuales

¿Qué tipo de soporte técnico ofrecen y cuán accesible es para agricultores en diversas regiones geográficas?

¿Qué estrategias utiliza su empresa para ayudar a los agricultores a superar estas barreras?

Describe brevemente

¿Cuál cree que es el impacto más significativo de la adopción de la inteligencia artificial en la agricultura?

¿Cómo mide su empresa el éxito de la implementación de IA en las operaciones de sus clientes?

¿Podría mencionar ejemplos de casos de éxito donde su tecnología ha mejorado significativamente la producción agrícola?

Proporcione alguna forma de contacto

¿Qué tendencias ve su empresa en el futuro de la inteligencia artificial en la agricultura?

9.3 Ejemplos de instrucciones para la IA



Plan de riego 7 días	Monitoreo de <i>Diaphorina citri</i>
“Quiero un plan de riego para 7 días. Parcela en Martínez de la Torre, naranjo Valencia en cuajado, 1 ha, suelo franco-arenoso. Llovió 25 mm esta semana y el pronóstico indica 15 mm más. Tengo bomba 1 HP y riego por surcos. Presupuesto de energía limitado. Dame checklist diario con horas de riego por surco y cómo verificar humedad con el método del puño. Incluye supuestos y cómo ajustar si llueve.”	“Necesito un plan de monitoreo de <i>Diaphorina citri</i> para 2 semanas en Álamo Temapache, 3 ha, árboles de 6 años. Señales: brotes tiernos, capturas bajas en tarjetas amarillas. Dame calendario de revisión, umbrales de acción y alternativas de manejo cultural y biológico. No recomiendes dosis; solo orienta y recuerda validar con etiqueta y SENASICA.”
Fertilización base sin análisis	Ajuste con análisis de suelo
“Propón un plan base N-P-K para 1 ha de naranja en Tlapacoyan, árboles de 5 años, inicio de lluvias. No tengo análisis de suelo; presupuesto MXN 3,500. Dame 2 opciones con pros y contras, calendario en 4 semanas y	“Ayúdame a interpretar este análisis de suelo para cítricos en Puebla (MO 2.1%, pH 6.4, N bajo, P medio, K bajo). Sugiere ajustes generales (sin dosis) en N-P-K y micronutrientes, priorizando costo-beneficio.

cómo ajustar si realizo análisis después. No incluyas dosis finales; solo rangos orientativos a validar con técnico.”	Dame un plan de toma de datos (textura, infiltración) y cómo validar con un técnico local.”
---	---

Manejo de malezas integrado	Hablar con comprador
“Propón un manejo integrado de malezas para 1 ha de cítricos en Teziutlán con lluvias recientes. Herramientas: desbrozadora y machete; sin herbicidas. Indica franjas de conservación, momentos ideales de desbroce y cómo evaluar cobertura para proteger suelo y reducir erosión.”	“Quiero vender mi naranja en Martínez de la Torre. Dame un checklist de calidad (tamaño, color, daño), cómo calcular merma y un mensaje corto para WhatsApp para ofrecer mi producto con precio de referencia. Recuerda incluir buenas prácticas de cosecha y manejo.”

9.4 Propuesta de micro clases

¿Qué es la IA y para que me sirve?		
Objetivos	Dinámica (15 min)	Material
- Entender IA como apoyo, no reemplazo del criterio técnico. - Identificar decisiones donde la IA aporta: checklist, resumen, priorización.	- Ejemplo real: una pregunta de riego y la respuesta en checklist. - Discutir: qué faltó de contexto y cómo mejorarlo.	- IA es un copiloto para aclarar pasos, no para dosificar insumos. - Comparte contexto local y pide supuestos. - Valida en pequeño y confirma con etiqueta/norma.

• Conocer límites y buenas prácticas de seguridad.	3. Cierre: reglas de oro visibles en cartel.
--	--

Guion propuesto

La inteligencia artificial es una herramienta que nos ayuda a ordenar ideas, resumir información y preparar decisiones. No reemplaza la visita a campo ni las normas. Úsala para convertir dudas en “checklists”, para priorizar actividades de la semana y para entender boletines de clima o alertas fitosanitarias. Siempre comparte el contexto de tu huerta y pide que te explique los supuestos. Antes de aplicar un cambio a toda la parcela, prueba en una parte pequeña y valida con la etiqueta del producto o con un técnico. La IA es útil cuando te ahorra tiempo y te da claridad; no la uses para definir dosis finales ni en emergencias. Mantén una bitácora sencilla con lo que probaste y lo que funcionó, así cada semana mejoras tus decisiones.

Como hacer buenas preguntas (5P)

Objetivos	Dinámica (15 min)	Material
• Aplicar 5P: Problema, Parcela, Periodo, Parámetros, Presupuesto, Producto esperado. • Mejorar la calidad de las respuestas con datos simples. • Pedir formatos útiles: checklist, calendario, pros/contras.	1. Escribir una pregunta de ejemplo y completarla con 5P. 2. Comparar respuesta breve vs. respuesta con contexto. 3. Armar 3 prompts listos para la semana.	• Usa 5P en cada consulta. • Incluye restricciones reales: tiempo, dinero y herramientas. • Pide pasos siguientes y cómo verificar en campo.

Guion propuesto

Para obtener mejores respuestas, ordena tu pregunta con la estructura 5P. **Primera P, Problema:** qué decisión necesitas hoy. **Segunda, Parcela:** dónde estás y en qué fase va el cultivo. **Tercera, Periodo:** de cuándo a cuándo. **Cuarta, Parámetros:** lluvia reciente, tipo de suelo, equipo disponible. **Quinta, Producto esperado:** pide el formato que te sirva, como un checklist o un calendario. Con estas 5 P, la IA entiende mejor tu realidad y te devuelve pasos concretos. Antes de aplicar, revisa supuestos, valida en pequeño y anota resultados en tu bitácora.

Datos de mi parcela para decisiones practicas		
Objetivos	Dinámica (15 min)	Material
• Leer pronósticos del SMN y traducirlos a actividades. • Verificar humedad en campo con método del puño. • Ajustar riego semanal con checklist simple.	1. Revisar pronóstico semanal y armar plan de riego. 2. Demostración del método del puño. 3. Definir señales para ajustar riego si llueve.	• Usa pronóstico semanal y lluvia acumulada. • Verifica humedad con el puño y observa drenaje. • Ajusta horas de riego y registra cambios.

Guion propuesto

El agua se decide semana a semana. Revisa el pronóstico del Servicio Meteorológico Nacional y anota la lluvia de los últimos días. Con esa información, la IA puede ayudarte a armar un checklist de riego. En campo, verifica la humedad con el método del puño: toma suelo de 10 a 15 centímetros, apriétalo y revisa si mantiene la forma sin chorrear agua. Si hay lluvias previstas, reduce el tiempo de riego y vuelve a medir humedad. Observa también si hay encharcamiento o escurrimientos. Lo importante es ajustar con datos y registrar lo que funcionó para repetirlo la próxima semana.

Plagas y enfermedades monitoreadas		
Objetivos	Dinámica (15 min)	Material
• Planear monitoreo de alguna plaga y sus síntomas. • Usar IA para crear calendarios de revisión y alertas. • Recordar límites: no definir dosis con IA.	1. Diseñar calendario de monitoreo con tarjetas amarillas. 2. Definir umbrales de acción y medidas culturales/biológicas. 3. Plan de confirmación con técnico o autoridad sanitaria.	• Monitoreo periódico y registro en bitácora. • Acciones culturales y biológicas primero. • Validar con técnico y normas de SENASICA.

Guion propuesto

Para reducir riesgos de la plaga, el monitoreo constante es clave. Usa la IA para convertir tu situación en un calendario de revisiones: dónde colocar tarjetas amarillas, cada cuántos días revisar y qué señales observar en brotes tiernos. Pide alternativas culturales y biológicas y anota umbrales de acción. Evita solicitar o seguir dosis de productos; para eso, consulta siempre la etiqueta, las normas y a un técnico. Si detectas síntomas, registra evidencia con fotos, conserva muestras si corresponde y avisa a la autoridad sanitaria. La IA te ayuda a organizar el trabajo y a no olvidar pasos importantes.

Costos para decidir con números

Objetivos	Dinámica (15 min)	Material
- Armar listas de insumos, tiempos y costos esperados. - Usar IA para comparar 2–3 opciones con pros y contras. - Preparar mensajes claros para compradores.	- Ejemplo de estimación de costos por actividad. - Comparar dos alternativas y decidir siguiente paso. - Redactar mensaje corto para venta por WhatsApp.	- Lista insumos y tiempos antes de pedir ayuda a la IA. - Pide comparación con pros/contras y riesgos. - Cuida la calidad y el manejo postcosecha.

Guion propuesto

Para vender mejor, ayuda tener tus números a la mano. La IA puede organizar costos y tiempos por actividad, y comparar dos o tres opciones con ventajas y desventajas. Pídele un checklist para preparar la venta: criterios de calidad, cómo calcular merma y cómo presentar tu producto. Ensaya un mensaje corto y respetuoso para WhatsApp con cantidad, calidad, fecha y precio de referencia. Si puedes, registra el precio local de la semana para negociar con base. Con decisiones sencillas y datos registrados, reduces gastos y mejoras tus ingresos.

Límites de la IA

Objetivos	Dinámica (15 min)	Material
- Reconocer cuándo no usar IA de forma autónoma. - Cuidar privacidad y datos mínimos.	- Casos donde la IA no aplica sola: dosis, emergencias. - Diseñar una prueba pequeña antes de escalar.	- Nunca defines dosis con IA; usa etiqueta y técnico. - No compartas datos sensibles sin permiso.

-
- Instalar cultura de prueba chica y validación.

3. Checklist de privacidad y consentimiento.

- Prueba en una franja y registra resultados.
-

Guion propuesto

La seguridad va primero. No uses la IA para definir dosis ni en situaciones de emergencia. En esos casos, prepara tus preguntas con ayuda de la IA y consulta a un técnico. Evita compartir datos sensibles y pide permiso si vas a publicar información o fotos de otras personas. Antes de aplicar una recomendación nueva, realiza una prueba pequeña en una franja de la parcela y registra el resultado. Con esa disciplina, aprenderás semana a semana sin correr riesgos innecesarios.

9.5 Propuesta bitácora

BITÁCORA SEMANAL

Fecha:

NOMBRE:

Pregunta usando 5P

 Escribe aquí 

¿Qué actividad realizaras?

Decisiones que tomaste

Respuesta obtenida



