



UNIVERSIDAD DE
GUANAJUATO

PROYECTO VERANO UGTO 2025 **INFORME FINAL**

**Estrategias y políticas públicas para la Transformación Digital en el
Sector Agroindustrial Mexicano: Un Enfoque en la Industria 4.0.**

GRUPO DE TRABAJO.

RESPONSABLE

Paula Concepción Isiordia Lachica

BECARIAS

Ximena Medina Rodríguez

Alejandra Fernández Orozco

COLABORADORES

Pedro Luis López de Alba

Jorge Alberto Romero Hidalgo

Fátima Flores Zavala

Irapuato, Guanajuato, México.

23 de julio del 2025

Contenido

Resumen Ejecutivo.....	1
1. Introducción.....	2
2. Metodología.....	3
3. Revisión de literatura. Transformación digital y tecnologías Emergentes en el agro.4	
3.1. Fundamentos Conceptuales y Marcos Teóricos.....	4
3.2. Tecnologías Emergentes y su Aplicación en la Agricultura	5
3.3. Tendencias Globales y Regionales.	6
3.4. Impacto en la Sostenibilidad Agroalimentaria.	6
4. Diagnóstico del sector agroindustrial mexicano. Capacidades y barreras tecnológicas.....	6
4.1. Capacidades tecnológicas del sector agroindustrial mexicano.	6
4.2. Barreras Tecnológicas del Sector Agroindustrial Mexicano.....	7
5. Análisis de políticas públicas de apoyo al sector agroindustrial en México.....	8
5.1. Orientación Actual de las Políticas Públicas.....	9
5.2. Desafíos en la Implementación de Políticas.....	10
6. Estrategias y recomendaciones para la implementación de tecnologías y la transformación digital en el agro mexicano.....	11
6.1. Fortalecimiento de la infraestructura digital rural.....	11
6.2. Fomento de la alfabetización y capacitación digital.....	11
6.3. Impulso al financiamiento y subsidios tecnológicos.....	11
6.4. Diseño de políticas públicas diferenciadas y contextuales.	12
6.5. Creación de ecosistemas colaborativos.....	12
6.6. Promoción de buenas prácticas agrícolas digitalizadas.	12
7. Conclusiones.....	13
8. Impacto social.....	14
9. Cronograma de actividades.	14
10. Productos a entregar.	15
Bibliografía.....	16

Resumen Ejecutivo.

El presente informe detalla los hallazgos y las estrategias desarrolladas en el marco del proyecto "Estrategias y Políticas Públicas para la Transformación Digital en el Sector Agroindustrial Mexicano: Un Enfoque en la Industria 4.0", llevado a cabo durante el verano de investigación UGTO 2025. El sector agroindustrial global enfrenta desafíos sin precedentes, como el crecimiento poblacional, el agotamiento de recursos naturales y el cambio climático, lo que exige una transformación profunda hacia modelos más sostenibles y resilientes. La digitalización es un motor clave para esta reconfiguración, implicando cambios tecnológicos, organizativos, institucionales y culturales. Este proyecto se centró en diagnosticar las capacidades y barreras tecnológicas del sector agroindustrial mexicano y en proponer estrategias para la adopción de tecnologías de transformación digital y la Industria 4.0, contribuyendo así a la sostenibilidad y la seguridad alimentaria en México y América Latina.

El análisis se basó en una exhaustiva revisión de literatura y documentos clave, incluyendo un análisis de más de 70 documentos sobre capacidades y barreras tecnológicas, 60 fuentes académicas y de organismos internacionales sobre transformación digital y sostenibilidad agroalimentaria, y 68 citas bibliográficas con sus respectivos resúmenes. Se identificó que, si bien existen tecnologías emergentes con alto potencial (IoT, IA, blockchain, agricultura de precisión y robótica, economía digital e infraestructuras digitales), su adopción en México se ve obstaculizada por factores como la limitada infraestructura digital, los altos costos, la baja alfabetización tecnológica, la fragmentación institucional y la falta de políticas diferenciadas.

Las estrategias propuestas se orientan a fortalecer la formación técnica y digital, impulsar el financiamiento y los subsidios tecnológicos, expandir la infraestructura digital rural, diseñar políticas públicas adaptadas a contextos regionales y fomentar ecosistemas colaborativos entre la academia, la industria y el gobierno. El proyecto busca contribuir al logro de objetivos de impacto social como Hambre Cero, Industria, Innovación e Infraestructura, Trabajo Decente y Crecimiento Económico, y Producción y Consumo Responsable.

1. Introducción.

El sector agroalimentario es fundamental para la economía y la sociedad a nivel mundial, enfrentando en la actualidad una serie de presiones crecientes. El incremento de la población global, la escasez de recursos naturales, los efectos adversos del cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la inseguridad alimentaria y las tensiones geopolíticas, demandan una reevaluación y transformación profunda de los sistemas de producción, distribución y consumo de alimentos. En este escenario complejo, la transformación digital emerge como una palanca estratégica para reconfigurar los modelos agroalimentarios hacia esquemas más sostenibles, resilientes e inclusivos.

La digitalización de la agricultura trasciende la mera automatización de tareas, constituyendo un fenómeno que conlleva profundos cambios tecnológicos, organizativos, institucionales y culturales. Tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA), el blockchain, los sistemas de información geográfica (SIG) y las plataformas digitales están en proceso de transformar radicalmente las prácticas agrícolas, los sistemas logísticos, las redes de comercialización y las interacciones entre los diversos actores del agroecosistema. Estas herramientas prometen mejorar la eficiencia, reducir el desperdicio de recursos, aumentar la trazabilidad y facilitar la toma de decisiones basada en datos, lo que potencialmente genera impactos positivos en la sostenibilidad ambiental, la productividad económica y la equidad social.

Sin embargo, la realización de estos beneficios no es automática ni se distribuye equitativamente. La brecha digital en el medio rural, la insuficiencia de infraestructura, la escasa alfabetización tecnológica, la centralización de datos y los modelos de negocio excluyentes limitan el acceso y la apropiación de estas tecnologías por parte de pequeños productores, mujeres y jóvenes rurales. Además, si no se diseñan con principios de inclusión, participación y justicia social, las transformaciones digitales pueden acentuar desigualdades preexistentes y generar nuevas dependencias tecnológicas.

En América Latina, y particularmente en México, la transformación digital en el sector agroindustrial es incipiente pero en constante crecimiento. Existen experiencias innovadoras en países como Brasil, Colombia, Paraguay y Uruguay, además de México, donde diversos actores como cooperativas, gobiernos, empresas

AgTech y organizaciones internacionales han impulsado soluciones digitales para mejorar la producción, el acceso a mercados y la resiliencia frente al cambio climático. No obstante, estas iniciativas se topan con obstáculos significativos relacionados con las capacidades institucionales, los marcos regulatorios, la sostenibilidad financiera de las innovaciones y la participación de los actores locales en el diseño de soluciones.

El presente proyecto de investigación, "Estrategias y Políticas Públicas para la Transformación Digital en el Sector Agroindustrial Mexicano: Un Enfoque en la Industria 4.0", tiene como objetivo principal desarrollar un diagnóstico exhaustivo y proponer estrategias concretas para la adopción de tecnologías de transformación digital en el sector agroindustrial de México, con especial énfasis en los principios

de la Industria 4.0. Para ello, se ha llevado a cabo una revisión sistemática de la literatura y un análisis de documentos clave que abordan las tendencias, tecnologías y políticas en la región.

El informe se estructura de la siguiente manera: se presenta la metodología de investigación-acción empleada; se realiza una revisión de literatura sobre las tendencias globales y regionales en transformación digital agroalimentaria y las tecnologías emergentes; se identifican las capacidades y barreras tecnológicas específicas del sector agroindustrial mexicano; se analizan las políticas públicas de apoyo; finalmente, se proponen estrategias y recomendaciones para una transición digital justa e inclusiva, en línea con los objetivos de desarrollo sostenible.

2. Metodología.

El proyecto de investigación siguió un enfoque de investigación-acción, estructurado en varias etapas interconectadas, diseñadas para generar un diagnóstico integral y proponer estrategias prácticas adaptadas al contexto agroindustrial mexicano. La metodología adoptada permitió una comprensión profunda del fenómeno de la transformación digital, combinando la revisión de literatura con el análisis de documentos específicos del sector.

Las etapas del proyecto fueron las siguientes:

Revisión de literatura. Esta fase inicial se centró en la recopilación y el análisis de información sobre mejores prácticas, tecnologías emergentes y políticas públicas destinadas a fomentar la digitalización agroindustrial a nivel global y regional. Se examinó una amplia gama de fuentes académicas y de organismos internacionales, con un particular énfasis en América Latina y el Sur Global. La revisión incluyó más de 60 fuentes académicas y de organismos internacionales, así como un compendio de 68 citas bibliográficas con sus respectivos resúmenes, que sirvieron como base documental para comprender las tendencias y los marcos conceptuales de la agricultura inteligente, la agroecología y la soberanía alimentaria.

Análisis de casos de éxito. Se identificaron y analizaron casos de éxito en la aplicación de tecnologías de la Industria 4.0 y la transformación digital en la agroindustria. Aunque los documentos proporcionados no detallan casos específicos, la revisión de literatura general (68 citas) indirectamente aporta sobre ejemplos de implementación de IoT, IA, y blockchain en diferentes contextos, los cuales se extrapolaron para entender las mejores prácticas.

Diagnóstico del sector agroindustrial en México. Esta etapa crucial implicó la recopilación y el análisis de información sobre las capacidades tecnológicas

existentes y las barreras que enfrenta el sector agroindustrial mexicano. Para ello, se utilizó como base principal el análisis de más de 70 documentos para identificar estas capacidades y barreras, extrapoladas al entorno mexicano, que son desde nuestro punto de vista relevantes para impulsar la transformación digital y la sostenibilidad en México.

Análisis de políticas públicas de apoyo. Se analizó la orientación de las políticas públicas de apoyo al sector agroindustrial en México, buscando comprender cómo estas favorecen o restringen la adopción de tecnologías digitales. Este análisis se complementó con la revisión de literatura sobre políticas y marcos de gobernanza digital agroalimentaria en América Latina.

Elaboración de estrategias de transformación digital. Con base en el diagnóstico y los análisis previos, se procedió al desarrollo de estrategias de transformación digital diseñadas específicamente para facilitar la adopción de tecnologías en el contexto agroindustrial mexicano. Estas estrategias buscan ser prácticas y adaptadas a la heterogeneidad del sector.

Presentación de resultados y recomendaciones. La fase final del proyecto consistió en la elaboración de un informe final y una presentación de los resultados, incluyendo un diagnóstico detallado, las estrategias propuestas y recomendaciones clave.

Esta metodología permitió a los estudiantes adquirir habilidades en investigación aplicada, análisis de datos y desarrollo de estrategias en un sector estratégico para la economía mexicana.

3. Revisión de literatura. Transformación digital y tecnologías Emergentes en el agro.

La transformación digital en el sector agroalimentario es un campo en rápida evolución, impulsado por una serie de tecnologías emergentes que prometen revolucionar la forma en que se producen y gestionan los alimentos. Esta sección integra los hallazgos de las revisiones de literatura proporcionadas, destacando las tendencias, tecnologías clave y su impacto potencial en la sostenibilidad y productividad.

3.1. Fundamentos Conceptuales y Marcos Teóricos.

La agricultura digital se define como la aplicación de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) a lo largo de toda la cadena agroalimentaria, con el fin de optimizar procesos productivos, logísticos, comerciales y ambientales. Esta concepción se entrelaza con los principios de sostenibilidad agroalimentaria, que no solo buscan eficiencia y productividad, sino también equidad social, resiliencia

ecológica y viabilidad económica. Asimismo, se relaciona con la soberanía alimentaria, la cual enfatiza el derecho de las comunidades a definir sus propios sistemas alimentarios, priorizando la producción local y el acceso a recursos. La transformación digital va más allá de la mera introducción de herramientas; implica un cambio profundo en las lógicas organizacionales, las relaciones de poder, las capacidades institucionales y los modelos de gobernanza. Es crucial diseñar esta transición con criterios de inclusión, equidad y sostenibilidad para evitar la exacerbación de desigualdades preexistentes.

3.2. Tecnologías Emergentes y su Aplicación en la Agricultura

Las tecnologías emergentes que están configurando la agricultura digital incluyen, a saber:

Internet de las Cosas (IoT). Implica el uso de sensores, estaciones meteorológicas y dispositivos conectados para el monitoreo remoto de cultivos, suelo, clima y animales. Esto permite la recolección de datos en tiempo real sobre variables como humedad del suelo, temperatura y niveles de luz, facilitando decisiones oportunas por parte de los agricultores. Ejemplos incluyen riego inteligente, agricultura de invernadero y monitoreo ambiental. Los beneficios incluyen la reducción del desperdicio de recursos, el aumento de la productividad y la disminución del impacto ambiental.

Inteligencia Artificial (IA) y Aprendizaje Automático (ML). Permiten el análisis de grandes volúmenes de datos para mejorar la toma de decisiones, la predicción de rendimientos, el control de plagas y enfermedades, y la optimización de la fertilización. La IA facilita decisiones informadas en tiempo real sobre riego, fertilización y control de plagas, mejorando la eficiencia y reduciendo el impacto ambiental. También se aplica en vehículos todo terreno (ATV) automatizados para siembra, cosecha, fumigación y deshierbe, logrando mejoras significativas en la productividad y reducción de costos.

Blockchain. Ofrece soluciones para la trazabilidad de productos, la transparencia en las cadenas de suministro y la implementación de contratos inteligentes. Esta tecnología puede facilitar contratos inteligentes, mejorar la transparencia, reducir costos de transacción y aumentar la confianza entre los actores agrícolas, especialmente los pequeños productores. Casos como FARMS, AgriDigital y AgUnity ejemplifican su aplicación.

Agricultura de Precisión y Robótica. Incluye el uso de vehículos autónomos, drones y maquinaria conectada para la aplicación variable de insumos, mapeo geoespacial, evaluación de la salud vegetal y vigilancia de plagas. Estas tecnologías permiten una gestión más eficiente de los recursos y una mayor automatización de las tareas agrícolas.

Big Data y Analítica de Datos. La capacidad de recolectar, procesar y analizar grandes volúmenes de datos agrícolas es fundamental para la toma de decisiones informadas y la optimización de los procesos productivos.

Economía Digital e Infraestructuras Digitales. Se refiere a la capacidad de los ecosistemas digitales para soportar la recolección, análisis y uso de datos agrícolas, así como para facilitar el comercio electrónico y el intercambio de información.

3.3. Tendencias Globales y Regionales.

La transformación digital es un fenómeno global. Estudios recientes destacan cómo la adopción de tecnologías digitales impacta positivamente la productividad agrícola y la resiliencia de las cadenas de suministro. Por ejemplo, en China, la infraestructura agrícola y la adopción de tecnologías digitales son los principales impulsores de la productividad.

En América Latina, la transformación digital en el sector agro es creciente. Existen experiencias innovadoras en países como Brasil, México, Colombia, Paraguay y Uruguay, donde se han promovido soluciones digitales para mejorar la producción, el acceso a mercados y la resiliencia climática. Sin embargo, la región enfrenta obstáculos como la limitada infraestructura digital, la débil alfabetización tecnológica y la falta de marcos regulatorios adecuados.

3.4. Impacto en la Sostenibilidad Agroalimentaria.

Las tecnologías digitales tienen un potencial significativo para contribuir a la sostenibilidad agroalimentaria. El IoT, por ejemplo, mejora la eficiencia en el uso de agua y energía, y reduce la intervención manual, lo que lleva a mayor rendimiento y protección del terreno. La IA permite decisiones informadas para un uso más eficiente de los recursos y una menor huella ambiental. El blockchain contribuye a la transparencia y trazabilidad, elementos clave para la sostenibilidad y la confianza del consumidor.

No obstante, es crucial abordar los desafíos asociados, como la brecha digital, los costos de implementación, la seguridad de datos y la necesidad de alfabetización digital en el campo. La adopción de estas tecnologías por parte de pequeños agricultores sigue siendo baja en muchas regiones debido a la falta de apropiación cultural, barreras económicas y brechas de conocimiento.

4. Diagnóstico del sector agroindustrial mexicano. Capacidades y barreras tecnológicas.

El sector agroindustrial mexicano posee un considerable potencial para la transformación digital y la adopción tecnológica, pero también enfrenta una serie de barreras estructurales, socioeconómicas y culturales. Este diagnóstico se basa en un análisis de más de 70 documentos, revelando las capacidades existentes y los obstáculos que deben superarse para impulsar una digitalización justa, inclusiva y sostenible.

4.1. Capacidades tecnológicas del sector agroindustrial mexicano.

A pesar de los desafíos, el sector agroindustrial mexicano puede aprovechar diversas capacidades tecnológicas, muchas de las cuales ya se están implementando en otros países o están en fases iniciales de desarrollo en México.

Disponibilidad de tecnologías emergentes aplicables. Existe un creciente reconocimiento y disponibilidad de tecnologías clave para la agricultura digital:

Internet de las Cosas (IoT). Uso de sensores para monitoreo ambiental, riego inteligente y automatización.

Inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático. Aplicación en análisis de datos para la toma de decisiones, predicción de rendimiento y control de plagas.

Blockchain. Potencial para la trazabilidad y transparencia en las cadenas de suministro, así como para contratos inteligentes.

Agricultura de precisión y robótica. Adopción de vehículos autónomos, drones y sistemas de aplicación variable de insumos.

Economía digital e infraestructuras digitales. Permiten la recolección, análisis y uso de grandes volúmenes de datos agrícolas.

Desarrollo institucional y de políticas públicas (Incipiente). Aunque con desafíos, se han observado modelos de gobernanza digital agrícola y políticas públicas que, si bien son incipientes, pueden sentar las bases para una mayor promoción tecnológica. Algunos ejemplos incluyen iniciativas gubernamentales para la digitalización y el fortalecimiento de capacidades locales.

Existencia de buenas prácticas agrícolas (BPA). En México, la agroecología ha experimentado una evolución significativa, integrando saberes científicos y tradicionales para el cuidado del medio ambiente y la producción sostenible. Estas BPA, aunque no siempre directamente ligadas a la digitalización, proporcionan un marco de sostenibilidad que puede ser potenciado por tecnologías digitales. Conceptos como asociatividad, sanidad, información y sostenibilidad (ASIS) son esenciales para la implementación efectiva de estas prácticas.

Potencial de colaboración. Hay oportunidades para establecer ecosistemas colaborativos entre la academia, la industria, el gobierno y las organizaciones de productores para fomentar la innovación y la adopción tecnológica.

4.2. Barreras Tecnológicas del Sector Agroindustrial Mexicano.

Las barreras identificadas en el sector agroindustrial mexicano son complejas y multifactoriales, similares a las observadas en otras regiones en desarrollo.

Brecha digital y baja conectividad rural. La falta de infraestructura digital robusta, especialmente en zonas rurales, limita severamente el acceso a internet y la adopción de tecnologías que dependen de la conectividad. Esta es una de las principales barreras, ya que, sin acceso básico a internet, muchas de las tecnologías emergentes no pueden ser implementadas de manera efectiva.

Baja alfabetización y capacitación digital. Existe una falta de habilidades digitales y técnicas entre los productores, especialmente los pequeños y medianos, lo que dificulta la comprensión y el uso de las nuevas tecnologías. Esto se traduce en una escasa apropiación cultural de las tecnologías, lo que limita su adopción incluso cuando están disponibles.

Altos costos de inversión inicial. Las tecnologías de la Industria 4.0, como IoT, IA o blockchain, suelen ser costosas, lo que las hace inalcanzables para muchos

agricultores pequeños y medianos. La falta de financiamiento y subsidios adecuados es un obstáculo significativo.

Fragmentación institucional y falta de interoperabilidad. Muchos sistemas digitales no están interconectados o estandarizados, lo que reduce su utilidad y dificulta la integración de datos a lo largo de la cadena de valor.

Falta de políticas diferenciadas y contextuales. Las políticas públicas tienden a ser generales y no consideran la heterogeneidad sociocultural de los productores y las particularidades de las diferentes regiones. Esto lleva a que las estrategias de digitalización no sean efectivas para todos los segmentos del sector.

Brechas de adopción tecnológica por tamaño del productor. Los pequeños productores enfrentan una mayor exclusión de la transformación digital en comparación con las grandes agroindustrias, lo que exacerba las desigualdades existentes.

Problemas de privacidad y seguridad de datos. La implementación de tecnologías digitales implica la recolección y análisis de grandes volúmenes de datos, lo que plantea desafíos en cuanto a la privacidad y seguridad de la información.

En síntesis, el diagnóstico revela que, si bien el sector agroindustrial mexicano tiene el potencial de transformarse digitalmente, es imperativo abordar estas barreras estructurales y socioeconómicas para lograr una transición que sea verdaderamente inclusiva y sostenible.

5. Análisis de políticas públicas de apoyo al sector agroindustrial en México.

En el ámbito federal, las políticas de apoyo a productores agropecuarios se han enfocado básicamente a tres programas: 1) precios garantizados para pequeños agricultores en granos básicos; 2) pagos por superficie bajo el programa "Producción para el Bienestar"; y 3) programa de fertilizantes. Otras políticas de apoyo relevantes incluyen las dirigidas a los consumidores en zonas vulnerables mediante la distribución de alimentos básicos y medidas sanitarias y fitosanitarias para la detección temprana de plagas y enfermedades, información obtenida del Monitor de Evaluación de la Política Agrícola para México, OCDE 2023. Recientemente se ha buscado apoyar la conectividad gratuita a internet de banda ancha con el apoyo de las entidades federativas.

De acuerdo con el análisis realizado durante el Verano de la Ciencia 2025, y con base a los datos obtenidos de las páginas web oficiales de los diversos estados de la República Mexicana, la política pública se traduce primordialmente en programas de apoyo complementarios a los del gobierno federal pero orientando su enfoque a

rubros diversos con base en las características y necesidades locales que a través de convocatorias específicas, brindan soporte en temas tales como riego tecnificado y subsidios para energía eléctrica, adquisición de equipo, maquinaria e insumos diversos, tecnificación agrícola y agricultura de precisión, huertos familiares, asesoría técnica, formación y capacitación, financiamiento y seguros contra plagas, sequía y otros riesgos, entre otros aspectos.

Sin embargo, es notoria la ausencia casi generalizada de programas alusivos a la retención y atracción de jóvenes al campo, el apoyo a mujeres que encabezan familias dedicadas a la actividad agropecuaria, así como la reactivación de parcelas y unidades productivas en abandono o con potencial de explotación una vez asegurada la tenencia o posesión legítima de la tierra.

Si bien los programas encaminados al apoyo para la transformación digital del sector sí se encuentran en algunas entidades federativas, es aún escaso e incipiente el número de ellos que se ofertan a nivel nacional por lo que la brecha para alcanzar mejores niveles de productividad, eficiencia, y bienestar social y cuidado al medio ambiente es aún amplia y constituye una deuda social por atender.

El análisis de las políticas públicas es fundamental para comprender el entorno habilitador o restrictivo de la transformación digital en el sector agroindustrial mexicano. La literatura revisada, aunque no siempre se centra exclusivamente en México, ofrece un marco general sobre la importancia de las políticas en la promoción de la digitalización agrícola y los desafíos asociados.

5.1. Orientación Actual de las Políticas Públicas

En general, la revisión de la literatura sugiere que las políticas públicas en América Latina, incluyendo México, a menudo presentan las siguientes características en relación con la transformación digital agroalimentaria:

Enfoque Generalista: Las políticas tienden a ser amplias y no siempre consideran la heterogeneidad sociocultural y económica de los productores rurales. Esto puede llevar a que las estrategias de digitalización no se adapten a las necesidades y capacidades específicas de los pequeños y medianos agricultores, lo que genera brechas en la adopción.

Énfasis en Infraestructura (Insuficiente): Se reconoce la importancia de la infraestructura digital, pero la inversión y el despliegue en zonas rurales a menudo son insuficientes para cerrar la brecha de conectividad. La falta de infraestructura básica limita la implementación de tecnologías que requieren conectividad constante, como el IoT.

Promoción de Tecnologías (con desafíos de acceso): Algunas políticas buscan promover la adopción de tecnologías emergentes (IoT, IA, blockchain), pero sin abordar adecuadamente los altos costos iniciales o la necesidad de capacitación.

Esto puede beneficiar a grandes productores con mayor capacidad de inversión, pero excluir a los más pequeños.

Importancia del Conocimiento y la Capacitación: Se reconoce que la alfabetización digital y la formación técnica son cruciales, aunque las iniciativas pueden no ser lo suficientemente amplias o accesibles para toda la población rural. La inversión en programas de formación para agricultores es una estrategia clave para aprovechar la agricultura electrónica en la lucha contra el hambre.

Incipiente Marco Regulatorio: El desarrollo de marcos regulatorios para las nuevas tecnologías (ej. blockchain, datos agrícolas) puede ser lento o inadecuado, lo que genera incertidumbre y dificulta su adopción a gran escala.

Alianzas Público-Privadas: Se observa la necesidad y el potencial de alianzas entre gobiernos, sector privado y la academia para impulsar la innovación y la digitalización. El éxito de la transformación digital en otras regiones a menudo se asocia con la voluntad política y estas alianzas.

5.2. Desafíos en la Implementación de Políticas

Fragmentación y Coordinación: La falta de coordinación entre diferentes niveles de gobierno y entre las diversas instituciones involucradas en el sector agrícola puede dificultar la implementación coherente de las políticas.

Financiamiento Inadecuado: La inversión pública en digitalización agrícola a menudo no es suficiente para generar un impacto transformador a gran escala, y los mecanismos de financiamiento para los productores son limitados.

Contextualización: La efectividad de las políticas depende de su capacidad para adaptarse a las realidades socioeconómicas y culturales de las diversas comunidades rurales. Las políticas que parten de prácticas agrícolas ya establecidas y consideran las diferencias entre comunidades rurales tienen mayor probabilidad de éxito.

Monitoreo y Evaluación: La falta de mecanismos robustos de monitoreo y evaluación impide medir el impacto real de las políticas y realizar ajustes necesarios.

En resumen, si bien existen iniciativas y una comprensión de la importancia de la digitalización en el sector agroindustrial, las políticas públicas en México necesitan ser más específicas, diferenciadas y con mayor inversión en infraestructura y capacitación para garantizar que la transformación digital sea inclusiva y beneficie a todos los actores del sector.

6. Estrategias y recomendaciones para la implementación de tecnologías y la transformación digital en el agro mexicano.

Para lograr una transformación digital justa, inclusiva y sostenible en el sector agroindustrial mexicano, es fundamental implementar una estrategia nacional integral que aborde las capacidades existentes y, crucialmente, supere las barreras identificadas. Las siguientes estrategias y recomendaciones se basan en el diagnóstico realizado y en las mejores prácticas de la literatura revisada.

6.1. Fortalecimiento de la infraestructura digital rural.

Inversión en conectividad de última “milla”. Priorizar el despliegue de infraestructura de internet de alta velocidad en zonas rurales, mediante incentivos fiscales para proveedores de servicios, asociaciones público-privadas y el uso de tecnologías alternativas (ej., satélite, redes comunitarias) donde la infraestructura terrestre es inviable.

Subsidios para acceso a dispositivos. Establecer programas de subsidio o acceso facilitado a dispositivos inteligentes (smartphones, tabletas, sensores IoT) para pequeños y medianos productores, reconociendo que el costo de los equipos es una barrera significativa.

6.2. Fomento de la alfabetización y capacitación digital.

Programas de formación adaptados. Desarrollar programas de capacitación en habilidades digitales y uso de tecnologías agrícolas inteligentes, diseñados específicamente para las necesidades y niveles de alfabetización de los productores rurales. Estos programas deben ser prácticos, presenciales y en línea, y considerar las lenguas y culturas locales.

Centros de demostración tecnológica. Crear centros regionales de demostración, junto con unidades sociales de transferencia del conocimiento, donde los agricultores puedan interactuar con las tecnologías, observar su funcionamiento y aprender de manera práctica sobre sus beneficios y aplicaciones.

Servicios de extensión digital. Fortalecer los servicios de extensión agrícola (con una visión actual de participación multidisciplinar) con enfoque digital, capacitando a técnicos extensionistas en el uso y la enseñanza de herramientas digitales, y facilitando la difusión de información relevante sobre prácticas agrícolas y mercados.

6.3. Impulso al financiamiento y subsidios tecnológicos.

Líneas de crédito blandas y subsidios. Diseñar mecanismos de financiamiento y subsidios específicos para la adquisición e implementación de tecnologías digitales,

con tasas de interés preferenciales y plazos flexibles, dirigidos prioritariamente a pequeños y medianos productores.

Fomento de inversión privada. Crear un entorno favorable para la inversión privada en AgroTech y soluciones digitales, mediante políticas de incentivo, reducción de riesgos y promoción de alianzas estratégicas.

6.4. Diseño de políticas públicas diferenciadas y contextuales.

Marcos regulatorios amigables. Desarrollar marcos legales y regulatorios claros y flexibles que faciliten la adopción de nuevas tecnologías (ej., uso de drones, gestión de datos, blockchain), garantizando la seguridad y la privacidad de los datos agrícolas.

Políticas con enfoque de equidad. Integrar la perspectiva de género, juventud e inclusión social en el diseño de todas las políticas de digitalización, asegurando que los programas beneficien equitativamente a mujeres y jóvenes rurales, y a comunidades indígenas.

Mecanismos de consulta y participación. Establecer canales de consulta permanentes con productores, cooperativas, organizaciones de la sociedad civil y el sector privado para que las políticas respondan a las necesidades reales del campo y fomenten la apropiación de las soluciones.

6.5. Creación de ecosistemas colaborativos.

Alianzas estratégicas. Fomentar la colaboración activa entre el gobierno, la academia (universidades y centros de investigación), el sector privado (AgTech, empresas de tecnología) y las organizaciones de productores. Esto incluye la creación de plataformas de innovación abiertas y la promoción de proyectos conjuntos.

Plataformas de interoperabilidad. Impulsar el desarrollo de plataformas digitales interoperables y estandarizadas que permitan el intercambio de datos entre diferentes sistemas y actores de la cadena agroalimentaria, reduciendo la fragmentación y aumentando la utilidad de las soluciones.

6.6. Promoción de buenas prácticas agrícolas digitalizadas.

Integración de tecnologías con BPA. Promover la integración de las tecnologías digitales con las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) ya establecidas en México, como la agroecología. Esto implica mostrar cómo las herramientas digitales pueden potenciar la sostenibilidad, la eficiencia y la resiliencia de las prácticas existentes.

Modelos de demostración y escalabilidad. Identificar y difundir modelos exitosos de integración tecnológica en el marco de las BPA, para que sirvan como ejemplos replicables y escalables en diferentes regiones y sistemas productivos.

La implementación de estas estrategias de manera coordinada y sostenida es

esencial para que México pueda aprovechar plenamente el potencial de la transformación digital en su sector agroindustrial, avanzando hacia una mayor productividad, sostenibilidad y seguridad alimentaria, con un enfoque claro en la inclusión de todos los actores.

7. Conclusiones.

El proyecto de investigación "Estrategias y Políticas Públicas para la Transformación Digital en el Sector Agroindustrial Mexicano: Un Enfoque en la Industria 4.0" ha permitido desarrollar un diagnóstico exhaustivo de las capacidades y barreras tecnológicas del sector agroindustrial en México, así como proponer estrategias y recomendaciones para impulsar su transformación digital.

Se ha confirmado que la transformación digital es un imperativo para el sector agroalimentario global, dada la complejidad de los desafíos actuales, desde el cambio climático hasta la seguridad alimentaria. Tecnologías como el IoT, la IA, el blockchain y la agricultura de precisión ofrecen un enorme potencial para mejorar la productividad, la eficiencia en el uso de recursos y la sostenibilidad ambiental.

Sin embargo, el diagnóstico específico para México reveló que, a pesar de la disponibilidad y el conocimiento de estas tecnologías, su adopción generalizada se ve obstaculizada por factores estructurales y socioeconómicos significativos. La brecha digital en el medio rural, la falta de capacitación, los altos costos de inversión, la fragmentación institucional y la ausencia de políticas públicas diferenciadas, son los principales frenos para una transición digital equitativa e inclusiva.

Las estrategias propuestas, que incluyen la inversión en infraestructura digital, el desarrollo de programas de alfabetización y capacitación, la facilitación del financiamiento, el diseño de políticas públicas contextualizadas y el fomento de ecosistemas colaborativos, son cruciales para superar estas barreras. Es vital que estas acciones se implementen de manera coordinada, priorizando la inclusión de pequeños productores, mujeres y jóvenes rurales, para asegurar que los beneficios de la digitalización se distribuyan ampliamente y no acentúen las desigualdades existentes.

En última instancia, la transformación digital en el agro mexicano no es solo una cuestión tecnológica, sino un proceso complejo que requiere cambios organizativos, institucionales y culturales. Una hoja de ruta bien definida y la

colaboración entre todos los actores (gobierno, academia, industria y sociedad-productores) serán esenciales para construir un sector agroindustrial más resiliente, productivo y sostenible en la era digital.

8. Impacto social.

El proyecto "Estrategias y Políticas Públicas para la Transformación Digital en el Sector Agroindustrial Mexicano: Un Enfoque en la Industria 4.0" busca generar un impacto social significativo al contribuir directamente a varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

Hambre cero (ODS 2). Al promover la adopción de tecnologías que mejoran la productividad agrícola y la resiliencia de las cadenas de suministro, el proyecto contribuye a asegurar el acceso a alimentos seguros, nutritivos y suficientes para toda la población, especialmente en un contexto de crecimiento demográfico y cambio climático. La eficiencia en el uso de recursos y la predicción de rendimientos, facilitadas por la digitalización, son clave para este objetivo.

Industria, innovación e infraestructura (ODS 9). El enfoque en la Industria 4.0 y la transformación digital impulsa la modernización del sector agroindustrial, fomentando la innovación tecnológica y el desarrollo de una infraestructura digital robusta en las zonas rurales. Esto es fundamental para construir cadenas de valor más eficientes y resilientes.

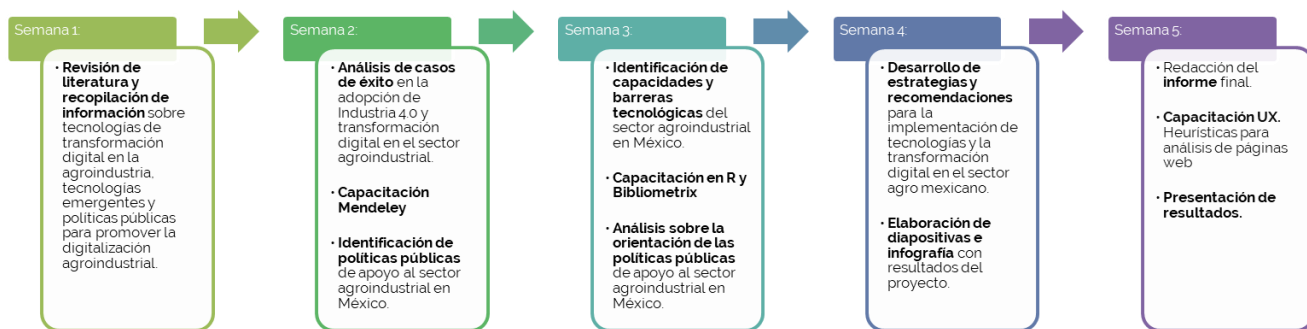
Trabajo decente y crecimiento económico (ODS 8). Al mejorar la eficiencia y competitividad del sector agroindustrial, la transformación digital puede generar nuevas oportunidades de empleo, mejorar los ingresos de los productores y fomentar un crecimiento económico más inclusivo y sostenible en las zonas rurales. La capacitación en habilidades digitales es un componente esencial para el desarrollo de la fuerza laboral.

Producción y consumo responsables (ODS 12). Las tecnologías digitales facilitan la implementación de prácticas agrícolas más sostenibles, como el uso eficiente del agua y los fertilizantes, la reducción de residuos y la trazabilidad de los productos. Esto promueve patrones de producción y consumo más responsables y ecológicamente viables.

Además, el proyecto presta especial atención a la inclusión social, la equidad de género y la participación de la juventud rural, dimensiones fundamentales para garantizar que la transición digital sea justa, inclusiva y adaptada a los contextos locales, asegurando que nadie se quede atrás en este proceso de transformación.

9. Cronograma de actividades.

El proyecto de investigación se desarrolló a lo largo de cinco semanas, con actividades planificadas para cada período, siguiendo la estructura del "PROYECTO VERANO UGTO 2025".



10. Productos a entregar.

Como resultado de este proyecto de investigación, se generaron los siguientes productos, en línea con lo estipulado en el "PROYECTO VERANO UGTO 2025":

Base de datos con artículos y casos relevantes. Se compiló una extensa base de datos con las referencias bibliográficas y resúmenes de los documentos analizados, incluyendo artículos científicos, informes de organismos internacionales y estudios de caso.

Resumen de mejores prácticas y casos de estudio. Se sintetizó la información clave sobre las mejores prácticas y los casos de éxito identificados en la literatura, destacando las aplicaciones más relevantes de la Industria 4.0 y la transformación digital en la agroindustria.

Informe final con diagnóstico, estrategias y recomendaciones para la "Transformación Digital en el Sector Agroindustrial". Este documento que usted está leyendo, el cual presenta el análisis completo del proyecto, incluyendo el diagnóstico de capacidades y barreras, las estrategias propuestas y las recomendaciones detalladas.

Presentación de resultados en formato de diapositivas, infografía y video. Se elaboraron materiales visuales para la difusión de los resultados del proyecto, incluyendo una presentación en diapositivas, una infografía resumen de los hallazgos clave y un video explicativo.

Estos productos constituyen el entregable final del proyecto, sirviendo como insumo valioso para la toma de decisiones y el diseño de futuras intervenciones orientadas a fortalecer la innovación tecnológica y la sostenibilidad en el agro mexicano.

Bibliografía.

- AM I E N C O N T a N D R I O P O, D. (2010). Knowledge Exchange Processes in Organizations and Policy Arenas: A Narrative Systematic Review of the Literature. In *The Milbank Quarterly* (Vol. 88, Issue 4).
- Alkhazaleh, R., Mykoniatis, K., & Alahmer, A. (2022). The Success of Technology Transfer in the Industry 4.0 Era: A Systematic Literature Review. In *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity* (Vol. 8, Issue 4). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/joitmc8040202>
- Argote, L., Guo, J., Park, S. S., & Hahl, O. (2022). The Mechanisms and Components of Knowledge Transfer: The Virtual Special Issue on Knowledge Transfer Within Organizations. In *Organization Science* (Vol. 33, Issue 3, pp. 1232–1249). INFORMS Inst.for Operations Res.and the Management Sciences. <https://doi.org/10.1287/orsc.2022.1590>
- Aureliano, J., Bethencourt, B., Rina, M., Ramis, M., Marjorie, L., & Nápoles, M. (2014). Investigación traslacional y transdisciplinaria en salud pública Translational and transdisciplinary research in Public Health. In *Revista Cubana de Salud Pública* (Vol. 40, Issue 2). <http://scielo.sld.cu236>
- Blanco-Valbuena, C. E., & Pineda, W. (2019). Transferencia de conocimiento como factor crítico para la gestión de la ciencia, la tecnología y la innovación en Maloka Bogotá, Colombia. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía, RIIEP*, 12(2), 41–70. <https://doi.org/10.15332/25005421.5008>
- Castillo, K., Cárdenas, L. D., & Lastra, S. (2023). Constructing Community Knowledge by Exploring a Group of High School Students' Funds of Knowledge. *Profile: Issues in Teachers' Professional Development*, 25(2), 129–146. <https://doi.org/10.15446/profile.v25n2.102348>
- Chew, S., Armstrong, N., & Martin, G. P. (2022). Understanding knowledge brokerage and its transformative potential: a Bourdieusian perspective. *Evidence and Policy*, 18(1), 25–42. <https://doi.org/10.1332/174426421X16149632470114>
- Clark, M., & Cornes, M. (2023). Citizen Science as a Framework for Improving the Science-Society Interface in Long-Term Care Research. *Journal of Long-Term Care*, 2023, 92–99. <https://doi.org/10.31389/jltc.142>
- Eidlisz, J., von Simson, I., & Gold-von Simson, G. (2024). Exploring the current state of technology transfer in the United States: perspectives and improvement strategies from the experts. *Frontiers in Research Metrics and Analytics*, 9. <https://doi.org/10.3389/frma.2024.1376185>
- Einstein, A., & Mundial, B. (n.d.). LA ÚNICA FUENTE DE CONOCIMIENTO ES LA EXPERIENCIA. <http://wbi.worldbank.org/sske/guide/>
- Elina Estébanez, M., & Korsunsky, L. (n.d.). *Medición de actividades de vinculación y transferencia de conocimientos científicos y tecnológicos*.
- Evans, N., Miklosik, A., & Du, J. T. (2023). University-industry collaboration as a driver of digital transformation: Types, benefits and enablers. *Heliyon*, 9(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21017>
- Galdames, I. S., de Toro, X., & Acevedo, D. (2024). Bridging Science and Society: The Role of University Science Communication Centers. *European Journal of Education and Psychology*, 17(1). <https://doi.org/10.32457/ejep.v17i1.2551>
- García Jarquín, B., Aguilar Fernández, M., Álvarez-Cedillo, J. A., Álvarez-Sánchez, T., & Sandoval Gómez, R. J. (2019). Transferencia de conocimiento e innovación tecnológica: Una revisión tradicional de la literatura. *RIDE Revista Iberoamericana*

- Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 10(19).
<https://doi.org/10.23913/ride.v10i19.501>
- Grilo, R., & Moreira, A. C. (2022). The social as the heart of social innovation and social entrepreneurship: An emerging area or an old crossroads? *International Journal of Innovation Studies*, 6(2), 53–66. <https://doi.org/10.1016/j.ijis.2022.03.001>
- Howaldt, J., Domanski, D., & Kaletka, C. (2016). Social innovation: Towards a new innovation paradigm. *Revista de Administracao Mackenzie*, 17(6), 20–44. <https://doi.org/10.1590/1678-69712016/administracao.v17n6p20-44>
- Igoa-Iraola, E., & Díez, F. (2024). Procedures for transferring organizational knowledge during generational change: A systematic review. *Heliyon*, 10(5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27092>
- Ingram, J., & Maye, D. (2020). What Are the Implications of Digitalisation for Agricultural Knowledge? *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00066>
- Innovación social y acción colectiva, un estudio de caso Ecoagricultores del Sur*. (n.d.). *Knowledge exchange and transformational leadership style for team improvement*. (n.d.). <http://orcid.org/0000-0003-1330-2684>
- Lepore, W., & Kaul, N. (2023). Understanding Community Knowledge Cultures. In *Bridging Knowledge Cultures: Rebalancing Power in the Co-Construction of Knowledge* (pp. 44–61). Brill. https://doi.org/10.1163/9789004687769_003
- Lüder, J. (n.d.). *Strengthening the Science-Policy-Society Interface: An Analytical Framework for Science Diplomacy in an Era of Accelerating Technological Change The Promise of Science Diplomacy: Solving Complex Issues Via Multiple Actor Input*.
- Lundmark, C., Nilsson, J., & Krook-Riekkola, A. (2023). Taking Stock of Knowledge Transfer Studies: Finding Ways Forward. *Environmental Management*, 72(6), 1146–1162. <https://doi.org/10.1007/s00267-023-01877-y>
- Maestre, L., Páez Cabas, A., Lombana, J., & Vega, J. (2021). Innovación social: un análisis bibliométrico del concepto y sus tendencias actuales. *Revista Universidad y Empresa*, 23(41). <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.8964>
- Marzocchi, C., Kitagawa, F., Rossi, F., & Uyerra, E. (2023). Reconceptualising knowledge exchange and higher education institutions: broadening our understanding of motivations, channels, and stakeholders. *Studies in Higher Education*, 48(5), 673–682. <https://doi.org/10.1080/03075079.2023.2184791>
- Puerta-Sierra, L., & Jasso, J. (n.d.). University-Industry Collaboration. An Exploration of An Entrepreneurial University in Mexico. In *J. Technol. Manag. Innov.* 2020 (Vol. 15, Issue 3). <http://jotmi.org>
- Schofield, T. (n.d.). *Critical Success Factors for Knowledge Transfer Collaborations between University and Industry*.
- Wain, M., Rosemberg, C., Farla, K., Seth, V., Maki, N., Dijkstal, F., Sutinen, L., & D'hont, J. (2021). *Knowledge exchange and place: A review of literature Final report Knowledge exchange and place: A review of literature i Knowledge exchange and place: A review of literature Final report*. www.technopolis-group.com
- Ward, V., House, A., & Hamer, S. (2009). Knowledge brokering: The missing link in the evidence to action chain? *Evidence and Policy*, 5(3), 267–279. <https://doi.org/10.1332/174426409X463811>
- Yamanie, N., Amanda, N. F., & Felistia, Y. (2023). The impact of knowledge brokering in health sector and the challenges: A review of literature. In *Journal of Public Health Research* (Vol. 12, Issue 2). SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.1177/22799036231167833>