



PODER LEGISLATIVO FEDERAL
CÁMARA DE DIPUTADOS



CEDRSSA

Centro de Estudios para el Desarrollo
Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria

REPORTE

IMPORTANCIA DE LA TECNOLOGÍA DIGITAL EN EL SECTOR AGROPECUARIO

PALACIO LEGISLATIVO DE SAN LÁZARO,
CIUDAD DE MÉXICO
JULIO 2021





ÍNDICE

Introducción.....	1
I. Evolución de la demanda de alimentos.....	3
II. La digitalización en la economía.	8
III. La tecnología digital en el sector agropecuario.	16
IV. Las ventajas y desventajas del uso de la tecnología digital.....	32
V. Acciones institucionales para el fomento de la tecnología digital.	37
VI. Comentarios y reflexiones finales	40
Bibliografía	42

Introducción

La humanidad históricamente se ha enfrentado a diversos desafíos que tiene que resolver como la pobreza, las carencias por salud, educación, agua, energía, trabajo y empleo, el desarrollo de la infraestructura, la desigualdad, sostenibilidad, el clima y sus contingencias, así como alimentar a una población creciente. Para la producción de alimentos, se han buscado prácticas y técnicas alternativas en la agricultura, mismas que han evolucionado con el transcurrir de los siglos, y se han caracterizado por incorporar, de manera gradual, mayor conocimiento y tecnología en los diversos procesos. Sin embargo, en las últimas cuatro décadas, después de la revolución verde, la tecnología digital ha tomado mayor relevancia, y ha puesto a la agricultura tradicional en una situación compleja y polémica, ya que por un lado favorece la producción y productividad, que implica mayor inversión, y por otro lado, pone en riesgo la participación de los mismos productores de la agricultura familiar o de pequeña escala, los trabajadores y jornaleros en las actividades agropecuarias, porque se vuelven prescindibles por el surgimiento de los dispositivos digitales y la inteligencia artificial, los cuales minimizan la necesidad del trabajo humano.

Este documento tiene el propósito de exponer la importancia de la digitalización en el sector agropecuario y trata de esbozar algunas condiciones necesarias para que puedan ser aprovechadas por los productores de pequeña escala.

El primer capítulo delinea los factores más importantes que provocan mayor demanda de alimentos como el aumento poblacional, el incremento del ingreso y los cambios en los hábitos de consumo.

El segundo capítulo hace un breve recorrido sobre la digitalización que está envolviendo a la economía en general, además de exponer las condiciones de conectividad y acceso a dispositivos electrónicos con los que cuenta la población rural y urbana en México. Además, se identifican algunas actividades económicas que presentan un alto potencial para ser automatizadas.

El capítulo tercero centra su atención en la tecnología digital en el sector agropecuario e identifica las condiciones necesarias para que estas nuevas herramientas puedan ser aprovechadas por los productores de baja escala.

Asimismo, ofrece una descripción sucinta de las principales herramientas y dispositivos digitales utilizados, específicamente en la etapa productiva de los alimentos.

El cuarto capítulo advierte algunas ventajas y desventajas del uso de la tecnología digital en la agricultura.

El capítulo quinto pone de relieve las acciones institucionales que nuestro país y los organismos internacionales están promoviendo para que la tecnología digital en la agricultura sea un factor de inclusión de los productores en condiciones vulnerables, y no se amplíe la brecha de desigualdad con los productores de mayor escala.

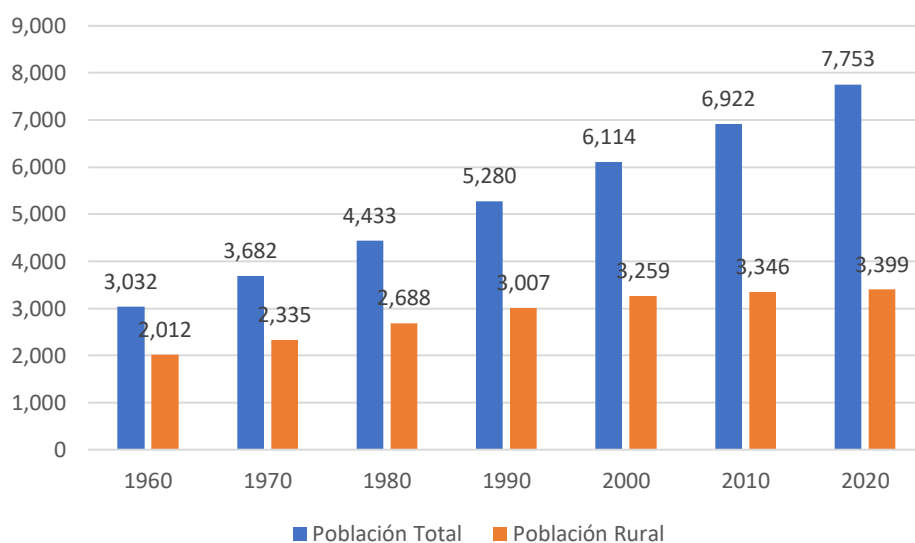
Finalmente, este documento plantea algunas consideraciones y reflexiones sobre el uso de estas nuevas tecnologías en el sector agropecuario.

I. Evolución de la demanda de alimentos.

Atender las necesidades de alimentación para las personas que habitamos en este planeta siempre ha sido un desafío para la sociedad y para los responsables de dirigir los Estados-Nación. Por ello, es importante reconocer algunas condiciones que afectan la producción y el suministro de las cantidades de alimentos que deben ser conducidos a las mesas de las personas. Sin embargo, esto no es una tarea sencilla, ya que existen factores que, con el tiempo, evolucionan y ejercen presión sobre la oferta y demanda de alimentos. Algunos de estos factores son el crecimiento de la población, el incremento del ingreso y los cambios en los hábitos de consumo.

Para el caso de la población, desde el siglo XVIII, Thomas Robert Malthus, un erudito británico, afirmó que ésta tiende a crecer en progresión geométrica, mientras que los alimentos solo aumentan en progresión aritmética. En el año 1800, la población mundial ascendía a 1,000 millones de personas; 100 años después, la población creció 65 por ciento; pero del año 1900 al 2020, se incrementó en 366 por ciento, casi 4 veces más en tan sólo un siglo hasta alcanzar 7,753 millones de personas.

Gráfica 1. Evolución del crecimiento de la población mundial total y población rural, 1960-2020. (millones de personas)

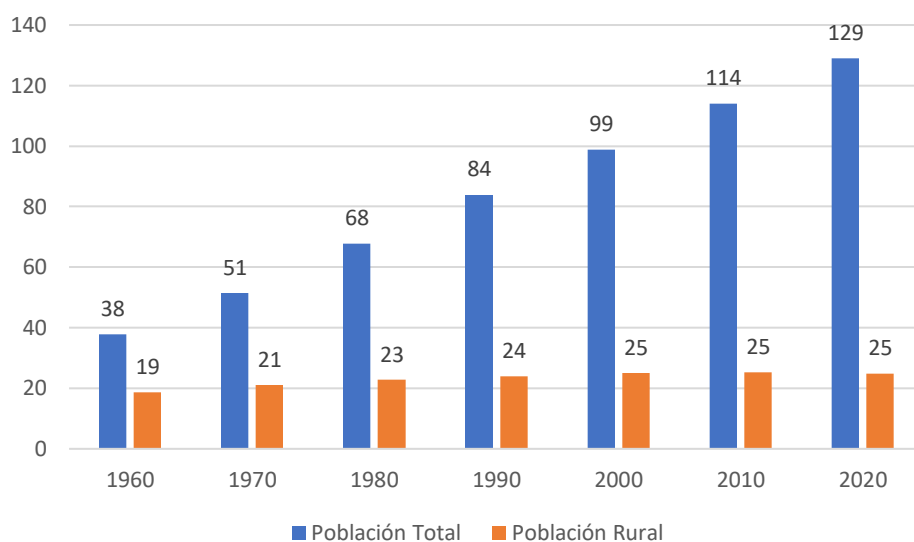


Fuente: Elaboración CEDRSSA con datos del Banco Mundial.

La población rural en el mundo ha venido decreciendo proporcionalmente respecto de la población total; en 1960, dos de cada tres personas vivían en el sector rural, y para 2020 este grupo poblacional se redujo a 44 por ciento, menos de la mitad.

Por su parte, en México, el crecimiento poblacional es más acelerado que el mundial, ya que el proceso de urbanización se ha agudizado y ha provocado cambios importantes en la disponibilidad y acceso de los alimentos.

Gráfica 2. Crecimiento de la población total mexicana y rural 1960-2020. (millones de personas)



Fuente: Elaboración CEDRSSA con datos del Banco Mundial.

En el periodo entre 1900 a 2019, la población mexicana creció en 815%, más del doble de la tasa que registró la población mundial en el mismo lapso. Entre 1910 y 1920, la población tuvo un decremento de casi un millón de personas, esta situación se explica por los efectos de la contienda revolucionaria.

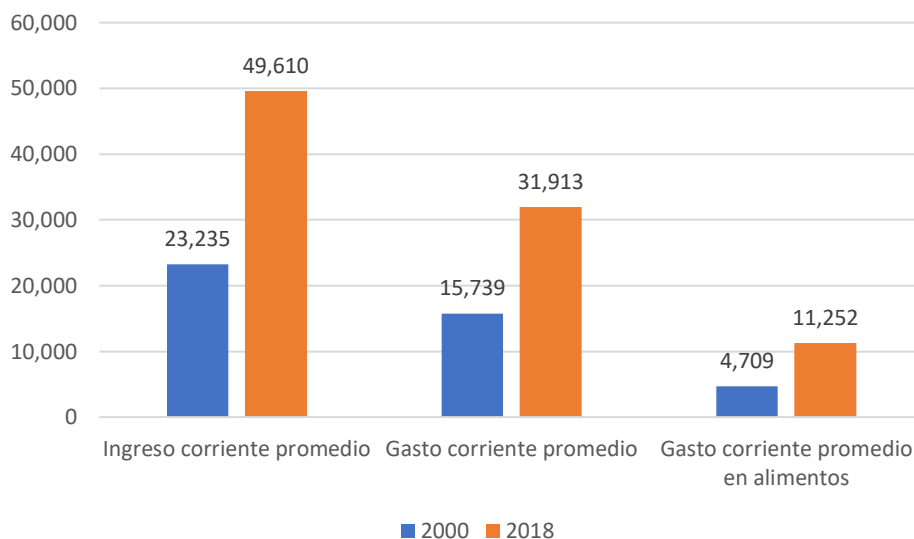
De acuerdo con datos del Banco Mundial, para 1960, la población rural en México representaba el 49 por ciento de la población total, para 2020 se redujo a 19 por

ciento, aunque en términos absolutos el número de personas creció de 18.6 a 24.8 millones de ellas, casi seis millones más, en contraste con la urbana que creció un poco más de 91 millones, es decir, se cuadruplicó.

En el siglo pasado, en las zonas rurales, las actividades más importantes eran las primarias, particularmente las relacionadas con el sector agropecuario, con el transcurso de los años estas actividades se fueron diversificando y el sector servicios creció sustancialmente. Esto significa que, tanto en el mundo como en México, menos personas son responsables de producir alimentos para los demás.

El otro elemento que afecta la demanda de alimentos son los ingresos, ya que en la medida en que crecen, se tiene mayor capacidad de acceso a los mismos y presiona para que la oferta se incremente.

Gráfica 3. Ingreso corriente promedio y gasto corriente promedio trimestral por deciles de hogares (pesos)



Fuente: Reporte CEDRSSA 2019, con datos de la ENIGH, 2000 y 2018.

De acuerdo con la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH), en el año 2000, se reportó que en México había 23.6 millones de hogares, cuyo ingreso promedio trimestral era de 23 mil 235 pesos, de los cuales 15 mil 739 pesos se orientaron al gasto corriente, y de estos, 4 mil 709 pesos se destinaron al consumo de alimentos, el 29.9 por ciento.

Para el año 2018, el número de hogares se incrementó a 34.7 millones, es decir, creció 47 por ciento, respecto del año 2000; el ingreso tuvo crecimiento significativo de 114 por ciento; el gasto corriente se duplicó; y el gasto en alimentos fue la variable que tuvo el mayor crecimiento con 140 por ciento, al pasar de 4 mil 709 pesos en el año 2000 a 11 mil 252 pesos en el año 2018 (Gráfica 3).

Los hábitos de consumo, otro de los factores que afectan la demanda de alimentos, tiene diferentes ángulos, uno de ellos es la transición del consumo desde dentro hacia fuera del hogar; en el año 2000, el 83 por ciento de los alimentos se consumían dentro del hogar; y para 2018 se redujo a 76.8 por ciento, esto significa que un número creciente de personas come fuera del hogar, muchas veces explicado por la incorporación de la mujer a la vida laboral. Otro ángulo, es que no solo ha cambiado la cantidad de alimentos, sino la dieta y la forma en que consumimos; en México, en la mitad del siglo XX, el 50 por ciento de la población consumía pan de trigo; a partir de 1980, la ingesta de proteína animal fue creciente, no sólo en volumen, sino en frecuencia; en consecuencia, en las dos décadas del siglo XXI, los principales alimentos demandados por la gente, y que representan más de la mitad de su gasto, son carne, cereales y leche.

Nótese entonces, que desde el siglo pasado la población ha crecido como nunca en la historia de la humanidad, y que proporcionalmente cada vez son menos personas quienes se dedican a la producción de alimentos; los ingresos se han más que duplicado, los hábitos cambiaron e incorporaron mayor proteína animal en la ingesta cotidiana, todo ello sumado expone un gran reto para producir y hacer llegar los productos a las mesas de las familias.

Ante esta situación, se ha trabajado en el desarrollo de una agricultura que responda y cubra la demanda de los alimentos, reconociendo que la frontera

agrícola está en el límite de su expansión y crecerla implicaría poner en riesgo los ecosistemas, la biodiversidad y la continuidad de muchas especies, incluyendo la nuestra. Por ello, se han instrumentado diversas estrategias para incrementar la oferta de alimentos.

Independientemente del nivel de sostenibilidad de las estrategias, todas ellas tienen el objetivo de suministrar alimentos a una población creciente y para ello hacen uso de las diversas tecnologías, que comprenden desde el desarrollo y uso de organismos genéticamente modificados para el establecimiento de siembras, uso de maquinaria agrícola y aperos de labranza adecuados a los tipos de agricultura industrial o familiar, incorporación de procesos agroindustriales para la obtención de subproductos y brindar mayor vida de anaquel, transporte en vehículos con sistemas de frío para hacer llegar el producto fresco hasta los centros de consumo, sistemas de información de mercados para tener mejores condiciones de negociación, inclusión de instrumentos de cobertura para la producción y la comercialización de los productos agropecuarios, hasta el uso de la tecnología digital en las diferentes etapas que se tienen desde producción hasta la comercialización de los productos agropecuarios.

II. La digitalización en la economía.

La segunda guerra mundial, suceso histórico del siglo XX, que concluyó en 1945 es considerado un parteaguas en el crecimiento y desarrollo de la tecnología. Las dos potencias mundiales que se ostentaron como ganadoras, Estados Unidos y la URSS, fomentaron una carrera armamentista con gran contenido tecnológico, donde se desarrollaron instrumentos que inicialmente estaban orientados a satisfacer necesidades del ejército. En febrero de 1946, se presentó de manera pública la primera computadora denominada “Electronic Numerical Integrator And Computer” (ENIAC), fabricada por la Universidad de Pensilvania, aunque se tiene registro y conocimiento de otros dispositivos que la antecedieron como “Colossus”, el cual se desarrolló en Inglaterra a finales de la segunda guerra, en 1944; cuyo propósito fue descifrar los mensajes alemanes. A partir de entonces, se incrementaron y ampliaron los alcances, capacidades y diseños de los dispositivos, razón por la cual, el fin del siglo pasado y el principio de este milenio se le conoce como la era de la información, que ha impactado sustancialmente nuestra forma de vivir.

El surgimiento de estas nuevas tecnologías, empezó a permear de manera gradual en otras actividades y sectores de la economía y en la vida cotidiana de las personas, cuyos efectos se reflejaron en diversas áreas, como la medicina, transporte, industria, agricultura y servicios como las comunicaciones, específicamente el internet, que se masificó en la década de los noventa.

Nicholas Negroponte, un investigador informático estadounidense, fundador y director del laboratorio de diseño y nuevos medios del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT Media Lab), es autor del libro “Ser Digital” (1995), en el cual explicó y delineó con precisión el rumbo de los avances tecnológicos que ocurrirían para las próximas décadas, es decir, lo que hoy en día estamos viviendo. Asimismo, puso de relieve la diferencia que existe entre los átomos y bits: los primeros se refieren a cosas tangibles que necesitan una cantidad de servicios para hacerlos llegar desde el lugar de elaboración o manufactura hasta el destino o el consumidor final; los bits no tienen color, tamaño ni peso y viajan a la velocidad de la luz, y es el elemento más pequeño en el ADN de la información; de manera práctica se considera que un bit es un 1 o un 0. Para ejemplificar esta diferencia nos apoyaremos en un producto, el libro en su estado

físico y en su versión digital. El libro en físico se compone de papel, tinta y pastas, principalmente, es palpable, y se requiere los servicios de almacenamiento y transporte para hacerlo llegar al lector; estos servicios representan la mitad del costo total, además de que tiene la peculiaridad de que puede agotarse. En contraste, cuando el libro es digital nunca se agota, siempre está ahí, y no necesita los servicios de almacenamiento y transporte antes señalados para hacerlos llegar al lector, no es palpable.

Dimensionar el alcance y el poder que tiene la digitalización es de suma importancia, porque ofrece muchas posibilidades en diferentes actividades de nuestra vida diaria, por ejemplo, cuando se habla de almacenamiento de información, la digitalización presenta cientos o miles de veces más capacidad que el manejo en físico. Por ejemplo, el contenido de un ejemplar físico de un periódico cualquiera, en una versión digital representa aproximadamente 10 millones de bits, un CD (disco compacto), cuya capacidad es de 5,000 millones de bits, puede almacenar el equivalente a dos años de publicación.

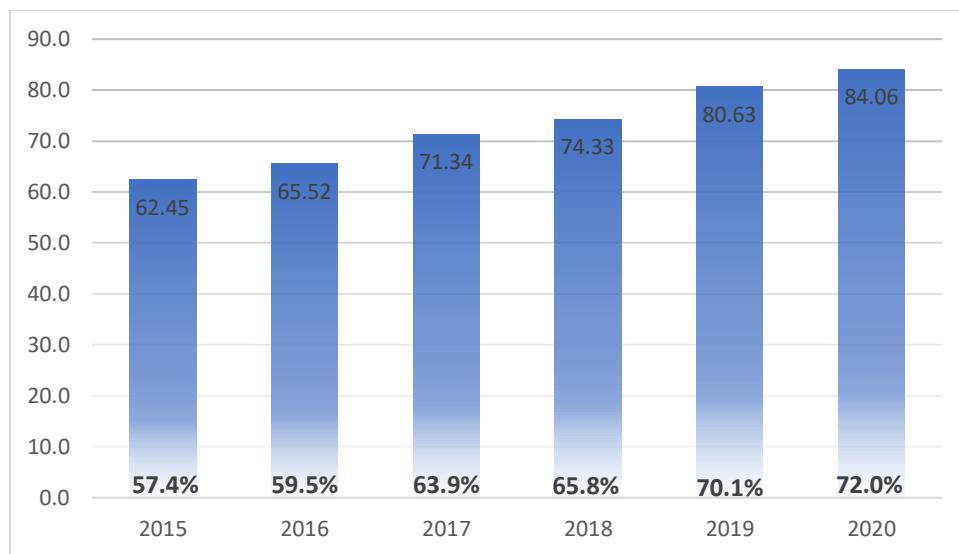
Negroponte también señala que en el mundo digital, una de las piezas más importantes es el internet, ya que aporta un canal global de comunicación que escapa a cualquier censura. Su éxito ha rebasado cualquier pronóstico, ya que es una herramienta que se caracteriza por ser global masiva y omnipresente, que parece haber evolucionado sin un diseño previo comportándose como una red de redes. En octubre de 1994, formaban parte de Internet más de cuarenta y cinco mil redes, con estas accedían unos cuantos millones de usuarios; hoy en día se estima que más del 50 por ciento de la población mundial usa este servicio.

De acuerdo con un Informe de la Unión Internacional de Telecomunicaciones de las Naciones Unidas (UIT), un poco más de la mitad de la población mundial es usuaria de internet, cifra que aumenta a 69 por ciento entre los jóvenes de entre 15 y 24 años. Los hogares de zonas urbanas con acceso a internet ascienden a 72 por ciento y el 63 por ciento cuentan con una computadora; en contraste, los hogares de las zonas rurales con acceso a internet llegan a 37 por ciento y tienen computadora sólo el 25 por ciento. Asimismo, el informe apunta que para 2020,

la cobertura de población por tipo de red móvil, fue de 84.7 por ciento en red 4G¹ (71 por ciento rural y 95 por ciento urbana) y 33.1 por ciento en red 3G (13 por ciento rural y 95 por ciento urbana).

Por su parte, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), a través de la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH, 2020), muestra que del total de la población mexicana, 113 millones tenían 6 años de edad o más, y son ellos quienes potencialmente utilizan las tecnologías de información. Asimismo, 21.7 millones de hogares, (60.6 por ciento), contaban con acceso a internet; de estos, el 30.1 por ciento son rurales, y el resto, 69.0 por ciento son urbanos, 5.9 puntos debajo y 19 puntos arriba de la cifra mundial, respectivamente.

Gráfica 4. Usuarios de internet en México 2015 - 2020

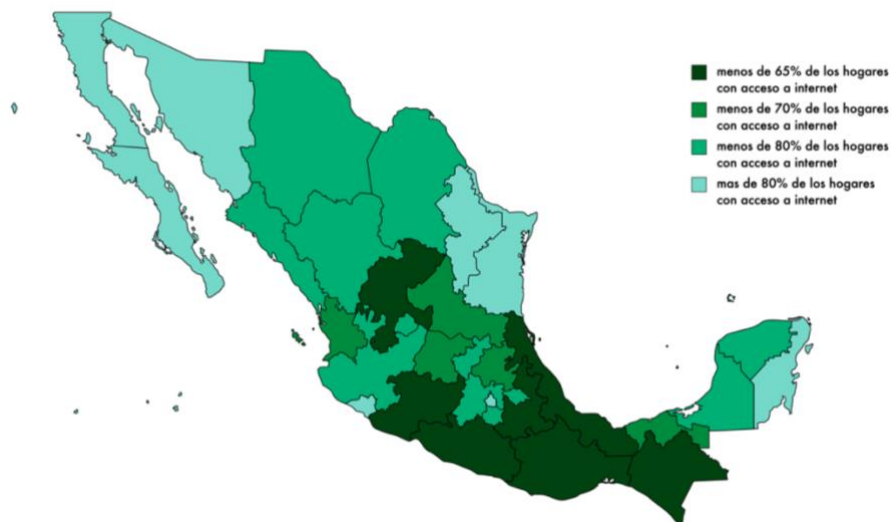


Fuente: Elaboración CEDRSSA con datos de INEGI, ENDUTIH, 2020

¹ Esta abreviaturas se refieren a la tercera y cuarta generación de las tecnologías y estándares de comunicación inalámbrica de voz y datos, el Internet que se utiliza en dispositivos para conectarse a la red en cualquier sitio, con características específicas de velocidad y calidad de transmisión.

Es importante destacar que las entidades federativas con mayores limitaciones en el acceso a la red por debajo del 65 por ciento son: Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Guerrero, Michoacán, Puebla y Zacatecas. En contraste, las entidades como Baja California, BCS, Nuevo León, Sonora, Tamaulipas, Quintana Roo, Ciudad de México y Colima, superan el 80 por ciento.

Mapa 1. Población usuaria de internet por entidad federativa.



Fuente: Elaboración CEDRSSA con datos de la ENDUTIH, 2020

Por su parte, el acceso a las computadoras, en promedio, el 44.2 por ciento de los hogares mexicanos cuentan con una; pero en las zonas rurales sólo el 19.7 por ciento, mientras que en las zonas urbanas asciende a 51.1 por ciento. Estas cifras se ubican por debajo del indicador mundial.

Mapa 2. Población usuaria de computadora por entidad federativa.



Fuente: Elaboración CEDRSSA con datos de la ENDUTIH, 2020

En el mapa 2, que entidades como Chiapas sólo el 23.6 por ciento cuenta con acceso a una computadora; en contraste con la Ciudad de México que alcanza el 56.1 por ciento, más del doble.

Asimismo, la encuesta arroja que del total de los usuarios que cuentan con computadora, el 51.3 por ciento la utilizan para labores escolares, el 45.9 por ciento la utilizan para actividades laborales, 28.7 por ciento para capacitación y el 83 por ciento para acceder a internet; de estos últimos, los que navegan por la red, el 91 por ciento buscan información, el 93.8 por ciento la usan para comunicarse, el 85.6 por ciento para capacitarse, 21.7 por ciento para operaciones bancarias, 32.8 por ciento para interactuar con el gobierno, 47 por ciento para descargar aplicaciones o software, 27.7 por ciento para comprar productos o servicios, y el 11.3 por ciento para ventas por internet.

Es necesario reconocer que un elemento imprescindible para que el internet y las computadoras funcionen es el acceso a la energía eléctrica. En ese sentido, la

encuesta indica que para 2020, el 99.5 por ciento de los hogares mexicanos ya contaba con ese servicio; de los cuales, los hogares rurales ascendían a 98.8 por ciento y los urbanos a 99.7 por ciento, prácticamente, se tiene cobertura total; condición que permite y facilita el acercamiento de la tecnología a la población.

Otro ingrediente importante para las comunicaciones es la telefonía fija o móvil, y en México, el 93.8 por ciento de los hogares cuentan con este servicio; de estos, los urbanos alcanzan el 96.3 por ciento, y los rurales el 85 por ciento. Aun existe un 15 por ciento de rezago en las zonas rurales, sin embargo, la entrada al mercado de diversas compañías oferentes de aparatos de telefonía móvil y los esquemas de financiamiento flexibles y accesibles, han facilitado que casi cualquier persona tenga un dispositivo, aunque muchas veces con servicio de internet limitado al acceso a redes sociales.

Por otro lado, la Encuesta Nacional Agropecuaria (2019), señala que existe un registro de 4.5 millones de unidades de producción, de las cuales, el 37.7 por ciento, hacían uso de algún tipo de tecnología:

Cuadro 1. Tecnología utilizada en las unidades de producción rural.

Tipo de tecnología utilizada	Porcentaje
Computadora	5.57
Internet	7.88
Que consultaron páginas gubernamentales	58.92
Teléfono celular	88.13
Teléfono fijo	19.77
Tablet o tableta	1.16
Sistema de navegación satelital (GPS)	1.84
Otra tecnología	0.44

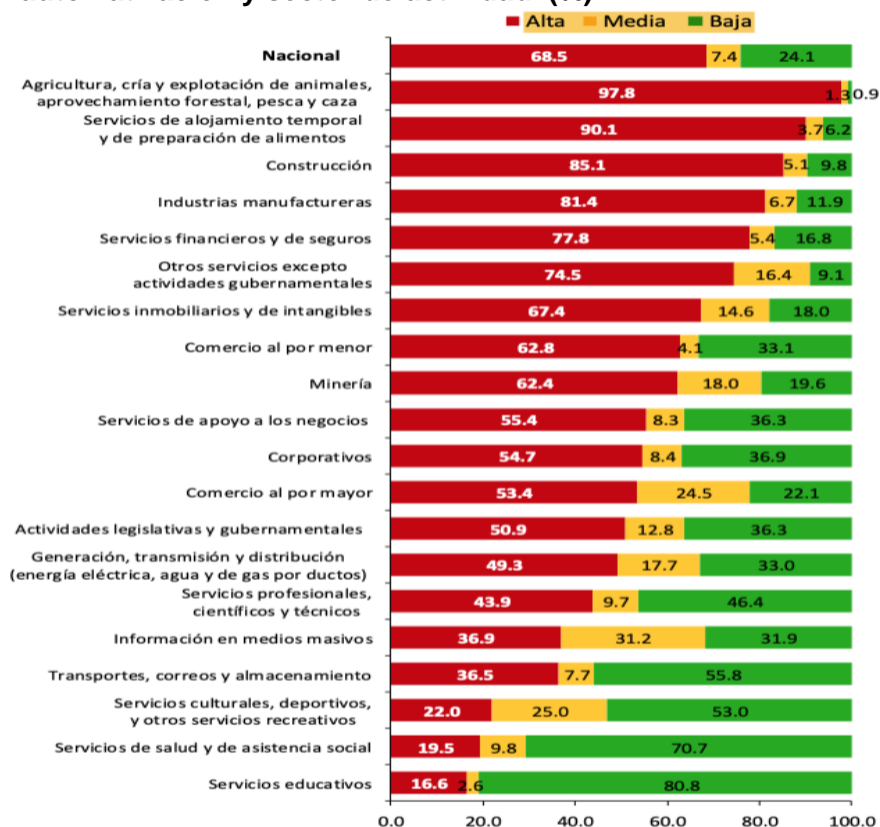
Nota: la suma de los parciales es mayor al 100% debido a que hay unidades de producción que declararon más de uno de los conceptos.

Fuente: INEGI, Encuesta Nacional Agropecuaria, 2019

La digitalización en la economía conlleva, invariablemente, a procesos de automatización en diferentes niveles. La probabilidad o factibilidad de que la automatización se implemente esta en función del grado rutinario de las tareas que se desempeñan, es decir, si hay actividades que tienen un patrón repetitivo, entonces son candidatas idóneas para ser automatizadas, como aquellos trabajos que descansan en la destreza manual o son del tipo esamble; en contraste con aquellos que usan habilidades cognitivas como los que toman decisiones, es decir, ejecutivos, gerentes ó analistas, los cuales son más difíciles de ser automatizados.

En ese sentido, en 2018, el Banco de México publicó un reporte que aborda la automatización en México y hace una listado de actividades ordenadas en función de la probabilidad de ser automatizadas.

Gráfica 5. Población ocupada por rango de probabilidad de automatización y sector de actividad. (%)



Nota: Las cifras corresponden al promedio de todas las encuestas de la ENOE publicadas entre 2005 y 2017.

Fuente: Elaboración del Banco de México con datos de la ENOE del INEGI y Frey y Osborne (2017).

La Gráfica 5 muestra que, de manera agregada, de todas las actividades económicas que se desarrollan a nivel nacional, aproximadamente el 70 por ciento tienen altas probabilidades de ser automatizadas. De manera específica, la actividad económica, agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza, encabeza la lista con el 97.8 por ciento de probabilidad de atravesar este proceso. Esta realidad implica grandes posibilidades para la generación de alimentos y grandes desafíos para la inclusión de la población que vive del sector agropecuario.

III. La tecnología digital en el sector agropecuario.

En el siglo XX, el sector rural se mantenía informado a través de la radio, con el paso del tiempo la televisión se incorporó a los medios de comunicación utilizados, pero fue a partir de los noventa, con el impulso del uso de la tecnología como la electrónica, la informática y las telecomunicaciones, que el uso internet se masificó y propició que los canales de comunicación se diversificaran.

En la actualidad, el avance tecnológico que incluye los diversos dispositivos como las computadoras personales (PC), computadoras portátiles (laptop) y los dispositivos móviles cuentan con acceso al internet. El desarrollo y uso constante de software como procesador de textos, hoja de cálculo, gestor de bases de datos, aplicaciones estadísticas, contables, de gestión, entre otros, permite el desempeño de las funciones básicas de las Tecnologías de la Información (TI) que son: capturar, transmitir, almacenar, recuperar, manipular y mostrar datos, lo que significa un enorme crecimiento de datos (2.5 millones de bytes al día), ya que cada dispositivo es un generador de datos, que visto de manera individual puede no aportar nada, pero visto en conjunto y con la visión correcta proporciona información de valor relevante para la toma de decisiones en cualquier actividad que uno realice. Este proceso genera conocimiento.

En consecuencia, los datos transformados en información se han convertido en el motor de esta sociedad, y en torno a ella, han surgido nuevas profesiones y trabajos, y las existentes se han ido readaptando. En ese sentido, el sector agropecuario no es la excepción, ya que constantemente genera grandes volúmenes de datos acerca del clima, los cultivos, el suelo, el agua, la infraestructura, los mercados, las condiciones socioeconómicas, las emisiones de gases de efecto invernadero y los efectos ambientales, entre otros, que inciden en la forma de donde y cuando producir. Por lo tanto, con esa información generada y los dispositivos tecnológicos digitales adecuados, se pueden aprovechar y mejorar las formas de producción de los alimentos.

Abordar el tema de agricultura digital siempre genera polémica y controversias; hay grupos de personas que tienen argumentos a favor y otros en contra. La etnóloga Verónica Villa, investigadora sobre agricultura campesina, señala que este tipo de agricultura, cuyos inicios se remonta a los años ochenta con la

agricultura de precisión, se caracteriza por el uso de Sistemas de Información Geográfica y Tecnologías de Información y Comunicación; posteriormente surge la agricultura climáticamente inteligente, que se apoya en el uso de tecnologías cibernéticas, combinadas con manipulación genética, para producir cultivos que persistan en condiciones ambientales extremas y que no dejen la huella de carbono de los cultivos convencionales; y ahora se presenta la agricultura 4.0, que promueve productividad, sostenibilidad y resiliencia, a partir de la gestión automática de la producción agrícola, su distribución, procesamiento y consumo mediante corredores informáticos.

En resumen, la agricultura digital considera el uso de los sistemas de posicionamiento geográfico o global, manejo de datos en una plataforma virtual o nube, y tecnología de inteligencia artificial, principalmente.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), señala que las tecnologías digitales transformarán los sistemas agroalimentarios, al modificar la forma en que se producen, intercambian y consumen los alimentos, además de buscar la eficacia, inclusividad, productividad, sostenibilidad y resiliencia, y con ello abrir nuevas oportunidades de empleo e ingresos. No obstante, se reconoce que para que esto suceda, debe existir un entorno adecuado que considere, al menos, cinco pilares que deben articularse para facilitar la integración y adopción de tecnologías.

El primer pilar se refiere al desarrollo de contenidos que implica generar información y diseñar servicios y plataformas que permitan el intercambio, recolección y difusión de datos, como meteorología para alertas tempranas, precios de mercado para una mejor comercialización, información gubernamental para agilizar trámites y servicios.

Figura 1. Pilares de un ecosistema digital para el fomento productivo



Fuente: Elaborado por CEPAL con datos del GSMA, 2016

La alfabetización y capacitación digital es el segundo pilar, el cual es indispensable para el uso de la tecnología digital, eso significa que debe capacitarse a los productores para que sepan que hacer con las nuevas herramientas y pueden ser aprovechadas para resolver problemas en sus unidades de producción. Sin embargo, la propia Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), reconoce que en la medida que aumenta la dificultad en el uso de la tecnología, disminuye la cantidad de personas que manejen esos dispositivos tanto de software como de hardware; sólo el 56 por ciento de las personas conocen las funciones elementales de un documento de texto y de correo electrónico.

El tercer pilar advierte que el tema de infraestructura y cobertura es una tarea aún más complicada, porque gran parte de su desarrollo y expansión depende de la inversión privada, y para el sector rural se requiere de muchos recursos, que muchas veces no son negocio para las empresas en el corto plazo, entonces se hace necesaria la intervención del Estado para darle un sentido público a la expansión de la infraestructura de telecomunicaciones con el fin de facilitar el acceso de las tecnologías digitales en las zonas rurales más alejadas del país, que son las que más rezago presentan.

Las plataformas y aplicaciones son el cuarto pilar, las cuales se definen como sistemas informáticos integrados y software utilizado en dispositivos digitales, respectivamente; como servicios de monitoreo y asesoría en las unidades de producción (sensores, imágenes, teledetección, etc); servicios de extensión y capacitación digital (telefonía celular); y Aseguramiento agrícola (sensores remotos); manejo financiero digital (transferencias electrónicas y banca digital). Estos sistemas normalmente se caracterizan por ser bienes privados y por lo tanto son causantes de una tarifa, es decir, quienes pagan son miembros y gozan de los beneficios y aquellos que no lo hacen son excluidos, como los pequeños agricultores. Nuevamente, se hace patente la necesidad de generar y desarrollar herramientas tecnológicas y digitales de naturaleza pública para facilitar el acceso y disminuir brechas de desigualdad.

El quinto pilar se relaciona con el acceso a dispositivos tecnológicos, ya que representan un gran reto de los productores de baja escala, esto debido al costo que representan y las condiciones generales de pobreza que les impiden acceder a ellos, situación que los pone en una desventaja importante respecto a productores de mayor escala. Como se ha señalado con anterioridad, el dispositivo que ha tenido una mayor penetración es la telefonía celular, dispositivo que puede ser útil para acercar algunas aplicaciones y servicios digitales.

En ese sentido, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) busca acercar los beneficios de la tecnología digital a los productores de baja escala a través de la iniciativa Aldeas Digitales, donde pone a disposición un paquete de asistencia específico en el ámbito de la innovación digital, que busca impulsar el turismo rural y los sistemas agroalimentarios.

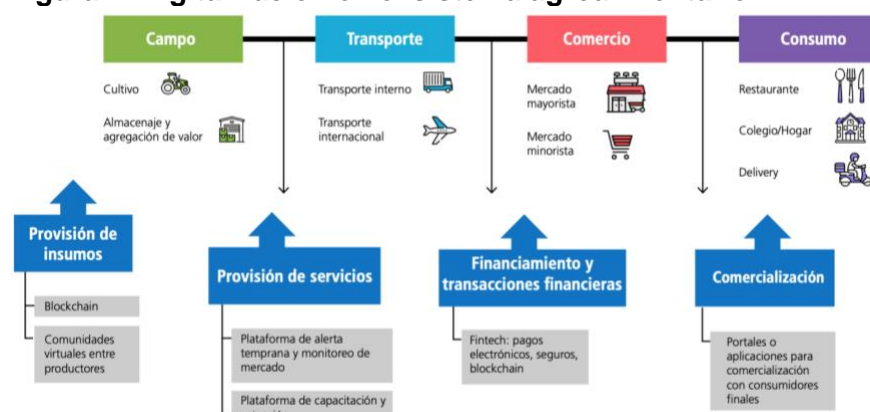
Herramientas y dispositivos en el sector agropecuario.

El sector agropecuario presenta grandes áreas de oportunidad para usar la tecnología digital; si bien es cierto que generalmente los grandes productores aprovechan sus beneficios, también algunas tecnologías pueden ser utilizadas

por los agricultores de escala familiar. En ese sentido, se resalta la importancia de la informática como un medio necesario para el desarrollo de la tecnología aplicada, ya que hace uso de plataformas y aplicaciones digitales que sirven en la administración y monitoreo de los procesos productivos de los cultivos; también destaca la robótica que hace uso de herramientas especializadas ya que se apoya de software para trabajar en tipos de agricultura como la de precisión.

Es importante poner de relieve que, en todas las etapas de los sistemas agroalimentarios, ya está en uso tecnología digital, tanto en la producción, en el transporte, en el comercio, como en el consumo.

Figura 2. Digitalización en el sistema agroalimentario.



Fuente: Elaborado por CEPAL con datos del GSMA, 2016

En este reporte nos enfocaremos en algunas herramientas y dispositivos de tecnología digital utilizados en la etapa de producción del sector agropecuario.

Sensores

Los sensores son instrumentos utilizados para captar una magnitud física, suministrar información y ser tratada directamente por un ordenador. Estos dispositivos pueden ser de diversos tipos: ópticos, de nivel, de caudal, de presión, de humedad, de temperatura, de posición, de desplazamiento, de distancia, de proximidad, principalmente.

Los sensores proporcionan información difícil de detectar a simple vista acerca de características físicas y químicas que se recopilan directamente del suelo, los animales, los silos, la maquinaria agrícola o los cultivos, las cuales pueden ser la temperatura, humedad, conductividad, condiciones meteorológicas, potencial de hidrógeno (PH), topografía, textura de la tierra, profundidad, fertilidad, composición, capacidad de drenaje, estado de salud de sus terrenos, el análisis de daños físicos en los cultivos, la cobertura del suelo por residuos, plagas o enfermedades, o la eficiente segmentación de cultivos, estado de salud y producción del ganado.

Estos instrumentos permiten mejorar la calidad de los cultivos, a través de la alerta temprana para reducir la propagación de hongos y enfermedades y así mejorar los resultados de las cosechas; monitorear el suelo agrícola, implementar agricultura de precisión, teledetección, provisionamiento de agua, regular la iluminación, humedad y temperatura; reducir y ahorrar en el uso de herbicidas, racionar los medicamentos para reducir la mortalidad en animales, optimizar el peso y determinar el tratamiento adecuado para un animal enfermo.

Las condiciones o requerimientos para que los sensores puedan utilizarse son la posibilidad de conexión con los satélites, plataformas móviles en terreno o drones, lo que permite el desarrollo de su función, esto define la resolución espacial y temporal de la recopilación de datos.

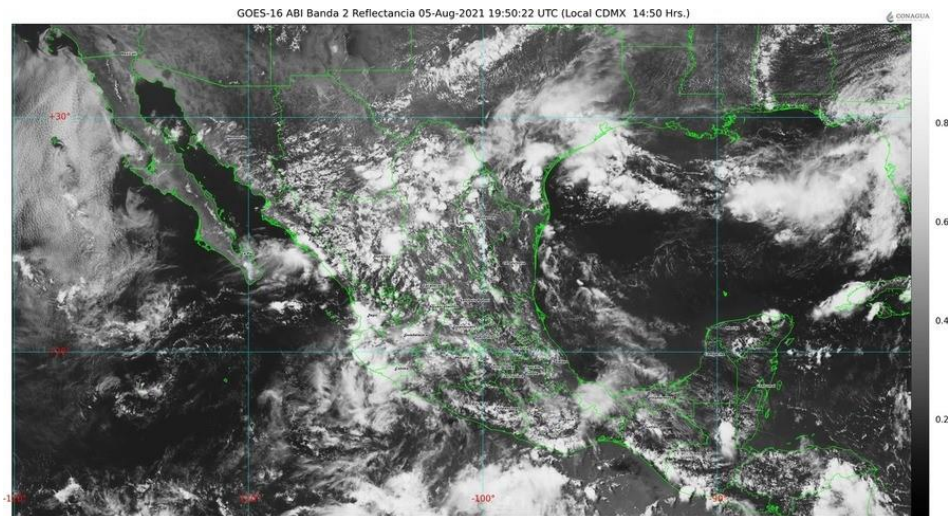
Sistema de posicionamiento global (GPS)

El Sistema de Posicionamiento Global tiene la función de establecer la ubicación en coordenadas de latitud y longitud de un objeto en cualquier lugar de la tierra. Las aplicaciones del GPS en la agricultura son múltiples y van desde la planificación de cultivos, el levantamiento de mapas topográficos, muestreo de suelos, orientación de tractores, exploración de cultivos, aplicaciones de tasa variable y mapas de rendimiento, optimización de los procesos de producción; identificar con precisión las zonas que requieren atención y de esa manera disminuir el tiempo de trabajo empleado, minimizar el impacto ambiental de los productos utilizados en el control de plagas y enfermedades, ahorrar combustible y mejorar el desempeño de la maquinaria empleada; medir distancias entre puntos de interés. Además, este sistema permite a los agricultores trabajar en condiciones de baja visibilidad en los campos, por ejemplo, con lluvia, polvo, niebla o penumbra.

Imágenes satelitales.

Son la representación visual de la información capturada por un sensor instalado a bordo de un satélite artificial, que capta la radiación electromagnética emitida o reflejada por un cuerpo, para luego ser transmitida a estaciones terrenas para su visualización, procesamiento y análisis. El tipo de imágenes obtenidas dependen del tipo de sensor y de la finalidad de captación del satélite. Por otro lado, la accesibilidad y uso de esta herramienta en los diferentes ámbitos, en distintas escalas, ha sido posible en gran medida a la disponibilidad de imágenes satelitales gratuitas con diferentes resoluciones: espacial, espectral, radiométrica y temporal.

Imagen 1. Satélite GOES este-visible-sector México, 2021



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, Conagua.
 (<https://smn.conagua.gob.mx/es/observando-el-tiempo/imagenes-de-satelite>)

Con esta tecnología, se ha logrado calcular el índice de vegetación, controlar los niveles de agua y luz que reciben las plantas, conocer la salud de las plantaciones o detectar incipientes daños por plagas o enfermedades, mostrar la cartografía del suelo, lo que permite actualizar los mapas existentes, estimar rendimientos, analizar los procesos naturales de erosión de la tierra, monitorear el estrés hídrico de los cultivos, del aumento o disminución de la frontera agrícola, del crecimiento urbano y el desarrollo en infraestructura. Con información adicional, es posible conocer con anticipación eventos como inundaciones, sequías, caída de granizo o cualquier otro evento climático que pueda afectar a las plantaciones.

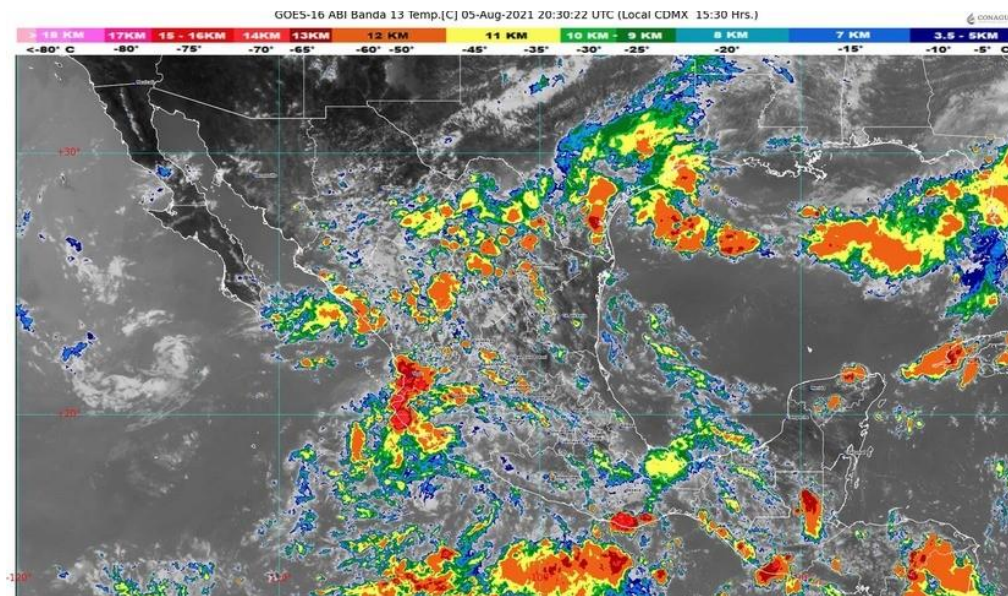
Además, hace posible a los productores contar con datos en tiempo real, con análisis históricos de sus campos, con mapas satelitales y con alertas en caso de inminentes cambios climáticos.

Teledetección.

Para la agricultura, la teledetección es el proceso de detectar y monitorizar las características fisicoquímicas de una superficie midiendo a distancia la radiación que refleja y/o emite dicha superficie (Andreu, 2021).

Mediante esta técnica, se recopilan datos de la superficie terrestre a través de sensores que son instalados en plataformas espaciales o aeroportados por aviones o drones, lo que permite una interacción electromagnética entre el terreno y el sensor, y generando una serie de datos que son procesados posteriormente, para obtener información interpretable de la Tierra. El tipo de información dependerá de las propiedades específicas del instrumento y la plataforma.

Imagen 2. Satélite GOES este-sector México-tope de nubes, 2021



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, Conagua.
(<https://smn.conagua.gob.mx/es/observando-el-tiempo/imagenes-de-satelite>)

Andreu también señala que la información proporcionada por los sensores remotos de interés para la agricultura, consiste en la descripción de las

características morfológicas, biogeoquímicas, fisiológicas, estructurales, y fenológicas que definen la planta, el suelo, el ecosistema, etc, y de sus variaciones en el espacio y en el tiempo, influenciando el estado del sistema.

Inteligencia artificial (IA).

No existe una sola definición para IA ya que es un concepto muy complejo, sin embargo, se toma la siguiente: es la capacidad de las máquinas para usar algoritmos, aprender de los datos y utilizar lo aprendido en la toma de decisiones tal y como lo haría un ser humano. Sin embargo, a diferencia de las personas, los dispositivos basados en IA no necesitan descansar y pueden analizar grandes volúmenes de información a la vez. Asimismo, la proporción de errores es significativamente menor en las máquinas que realizan las mismas tareas que sus contrapartes humanas. La IA también es conocida como la “ciencia de los datos”, y en la actualidad los datos son una fuente importante de negocios y de riqueza. (Rouhiainen, 2018)

En el marco de esta tecnología se identifican algunas de las ramas e instrumentos que son utilizados en la agricultura, no obstante nos enfocaremos en la robótica y sus aplicaciones y en la big data.

En el caso de la robótica, convergen varias ramas o disciplinas tecnológicas, con el fin de diseñar máquinas con la capacidad de realizar tareas automatizadas o simular el comportamiento humano o animal. Estas máquinas son mejor conocidas como robots, son entidades autómatas compuestas por mecánica artificial y un sistema electromecánico y se clasifican de acuerdo a su funcionalidad, mostrando 3 tipos de familias de ellos. (Revista de robots, 2021).

- Robot industrial. Poseen brazos mecánicos o poliarticulados con diferentes ejes, los cuales pueden ser móviles o fijos.
- Robot de servicios. Son los robots sociales y pueden ser del tipo humanoide, zoomorfos o zoomórficos y móviles. Están destinados a sectores como la salud, el ocio, la defensa militar y la agricultura, entre otros.

- Nanorobótica. Son aquellos robots que, por sus reducidas dimensiones, han sido creados para realizar funciones científicas.

Los robots agrícolas pertenecen a la familia de servicios, cuyo objetivo es desempeñar de forma autónoma o teleoperada diversas actividades, y que puedan ayudar a facilitar la vida de los seres humanos. En ese sentido, podemos decir que la robótica agrícola es el conjunto de dispositivos robotizados diseñados para automatizar actividades específicas en el sector agropecuario, entre los cuales se encuentran: tractores autónomos, plantas de tratamiento, recolectores de cosecha, y robots analistas de propiedades del suelo en tiempo real, entre otros. Los robots para el sector agropecuario se clasifican en terrestres, aéreos y acuáticos.

Los robots agrícolas terrestres conocidos como Vehículos Terrestres Autónomos (UGV), son de gran utilidad para desempeñar, de manera eficaz, actividades como la siembra, cosecha, fertilización, las cuales pueden cumplirlas en menor tiempo y con menor desperdicio en el uso de insumos, ya que se aplican de manera puntual en zonas muy delimitadas. Estas máquinas constan de un sistema de guiado autónomo, que hace posible que el robot se dirija al cultivo, se desplace por el terreno, lleve a cabo la tarea encomendada y retorne a su punto de inicio. Para el desarrollo de esas tareas también pueden utilizar sensores, cámaras y una interfaz 3D.

Algunos estudios señalan que se espera un crecimiento exponencial en el uso de estas máquinas en el sector agropecuario para 2025, dado que en 2008 se tenían 60,000 robots comercializados y alcanzará una cifra de más de 700,000.

Imagen 3. Sistema de ordeño robotizado.



Fuente: Yadamons. Banco de imágenes Adobe Stock. Recuperado de <https://stock.adobe.com/mx/images/modern-cows-farming/39713544>

En el caso de la robótica aérea, se identifican los drones o vehículos aéreos no tripulados. Las funciones en el sector agrícola son de dos tipos: operaciones de captura de información y operaciones de aplicación de insumos; en el primer tipo, se incorporan instrumentos como las cámaras multiespectrales y los sensores. Es importante destacar que existe una gran variedad de tipos de drones, pero los más utilizados en este campo son el multirrotor-cuadrícóptero, cuyo tiempo de vuelo es de 30 minutos con una cobertura de 65 h, y el de ala fija, que alcanza un tiempo de vuelo de 30 a 90 minutos y una cobertura de 120 a 3,800 ha. (Pino, 2019)

Imagen 4. Dron cuadricóptero con cámara.



Fuente: Kletr. Banco de imágenes Adobe Stock. Recuperado de <https://stock.adobe.com/mx/images/drone-quadcopter-with-camera-new-tool-for-farmers-use-drones-to-inspect-of-cultivated-fields-modern-technology-in-agriculture/103287582>

La estructura de un dron consta de un autopiloto, fuselaje, carga útil y subsistema de comunicación. Para su funcionamiento, se necesita de una estación de control terrestre; algunos tipos de drones pueden requerir dispositivos de despegue y aterrizaje.

Imagen 5. Fumigación cultivo, caña de azúcar.



Fuente: Gómez, H. Banco de imágenes Pixabay. Recuperado de <https://pixabay.com/es/photos/fumigaci%C3%B3n-ca%C3%B1a-de-azucar-2746350/>

El uso de drones permite la captura de una mejor y alta resolución espacial, además de una mayor frecuencia temporal en la obtención de los datos, comparados con las imágenes satelitales o las plataformas móviles en terreno, su uso en la agricultura continúa incrementándose, por ejemplo en la producción de cultivos, alerta temprana, sistemas, reducción del riesgo de desastres, silvicultura, pesca, así como en la conservación de la vida silvestre.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), advierte que los drones tienen un gran potencial para apoyar y abordar algunos de los problemas más urgentes que enfrenta la agricultura en términos de acceso a datos procesables de calidad en tiempo real, cumpliendo con varias funciones, como el mapeo de campos, la vigilancia y monitoreo de los cultivos, plagas y enfermedades, condiciones de suelo con precisión, la eficiencia de irrigación, y la aplicación de plaguicidas, las imágenes aéreas y de satélite ayudan a crear un índice de vegetación de diferencia normalizada, entre otros.

Imagen 6. Aeronave no tripulada, especializada en la aspersión de productos químicos.



Fuente: Kinwut. Banco de imágenes Adobe Stock. Recuperado <https://stock.adobe.com/mx/images/agriculture-drone-flying-on-the-green-corn-field/153545330>

Entre los distintos beneficios contraídos con la implementación de drones en las actividades agrícolas son: precisión en la recopilación de datos abarcando mayor superficie en el mismo rango de tiempo, mayor disponibilidad de datos recolectados en el tiempo, mejor resolución de las imágenes obtenidas, comparadas con las imágenes satelitales y menores costos. De manera específica, la aplicación de herbicidas y pesticidas es más precisa y logra penetrar áreas de difícil acceso, además de disminuir la exposición del aplicador, ahorrar agua y tiempo, detectar plantas sometidas a estrés y diferenciar entre cultivos y etapas de cultivo, así como, aumentar la productividad del agricultor.

Respecto de la robótica acuática, se identifica que dentro de sus objetivos se encuentra mantener la salud en los sistemas de acuicultura, así como evitar el estrés fisiológico y enfermedades en los animales de ese hábitat. El desarrollo de robots acuáticos ha sido una buena opción para proporcionar vigilancia y supervisar la calidad del agua, ya que son equipados con sensores químicos que permiten detectar en tiempo real anomalías en el agua.

El otro gran elemento de la IA es el Big data, que en la agricultura es muy útil por la recopilación y análisis de datos. La información procesada debe basarse en la generalización de herramientas como la teledetección que permite mapear, modelar y planificar los cultivos, reduciendo costos e insumos y optimizar las actividades inherentes al proceso productivo. Para estas tareas, se utilizan los sensores como dispositivos necesarios para la obtención y recolección de datos que se analizan en software instalado en las máquinas o en la nube. Los sensores y el internet están estrechamente vinculados y presentan una gran oportunidad para el desarrollo y la evolución de la agricultura moderna, ya que ante un aumento de los datos disponibles en los distintos procesos productivos y a una velocidad tan alta, requerirá de algoritmos especiales para su análisis.

En el futuro cercano, el uso e implementación de la Big data permitirá una mejor gestión de la agricultura, no solo para evaluar eventos pasados, sino para prevenir, en alguna medida, eventos catastróficos inesperados como plagas, enfermedades y cambios climáticos. Además, esta tecnología digital permite el monitoreo de las diferentes etapas del desarrollo de los cultivos y permite atender de manera oportuna las actividades inherentes al proceso productivo como riegos, aplicación de nutrientes, poda, manejo sanitario y cosechas.

El uso creciente de sensores indica que ya se vive una revolución tecnológica, cuyo propósito es mejorar la gestión y la productividad agropecuaria, a través de la optimización del uso de insumos y recursos que puedan apoyar de manera frontal la sustentabilidad. En ese sentido, el camino hacia la robotización orienta al uso y adopción de mejores técnicas de producción, a partir de mayor conocimiento de las parcelas, los cultivos, el hato y los ecosistemas, en donde la recopilación y análisis de datos serán la fuente de la transformación.

IV. Las ventajas y desventajas del uso de la tecnología digital.

La digitalización, como cualquier otro proceso de desarrollo en la humanidad, presenta ventajas y desventajas con respecto al mundo de los átomos o de los productos tangibles. Las ventajas que se pueden destacar son la compresión de datos y la corrección de errores, las cuales son importantes en la distribución de información; también, propicia la aparición de contenido nuevo y con ello el surgimiento de nuevas profesiones, nuevos modelos económicos e industrias locales de proveedores de información y entretenimiento, además, el mundo digital es ampliable y puede crecer y cambiar de una manera más eficiente donde el problema de la relación profundidad/amplitud desaparece; en contraste con el mundo de los átomos, donde los límites físicos imposibilitan conjugar los conceptos de profundidad y amplitud en un mismo volumen, además de que su almacenamiento y distribución es mucho más complejo que la de los bits.

Ventajas

De acuerdo con la FAO, la tecnología digital en la agricultura facilita el acceso al mercado de insumos para su adquisición; mejora la calidad en todas las etapas del proceso productivo; permite la diversificación de productos y mercados; brinda información estratégica y conocimiento de buenas prácticas de producción y de manufactura; apoya en la toma de decisiones; y permite conocer las condiciones climáticas de manera oportuna.

El uso de diversos dispositivos de tecnología digital como los sensores ayudan a mejorar la producción y productividad, condición que ayuda a satisfacer la demanda creciente de alimentos, además de optimizar el uso de insumos como agua, combustibles, fertilizantes y semillas, así como la reducción de plaguicidas. Todo ello permite conservar los ecosistemas y disminuir el impacto ambiental.

Asimismo, con el transcurso de los años, estos instrumentos digitales son cada vez más fáciles de usar e instalar, además están equipados con un chip inalámbrico para que puedan controlarse de forma remota.

Por otro lado, el uso de tecnología digital implica un costo adicional y se podría considerar como otro insumo, que independientemente de la escala del productor, podrá ser recuperado mediante el incremento de los rendimientos y el ahorro en el uso de otros insumos. Además, es necesario señalar que en la actualidad el precio de los instrumentos o dispositivos, generalmente, presentan una tendencia a la baja, condición que permite el acceso a los productores de baja escala.

La apertura comercial, el incremento en las transacciones globales, el actual contexto de constante y acelerado desarrollo tecnológico y la actual preocupación acerca de la seguridad y sanidad de los alimentos, han despertado una necesidad de implementar este tipo de instrumentos que agrega valor a los productos. Por ello, otra ventaja que se identifica con el uso de tecnologías digitales es la trazabilidad, que es un sistema con el cual es posible identificar el origen del producto y las distintas etapas de su proceso productivo, mejorar los costos y la logística de distribución hasta llegar al consumidor final, reducir gastos asociados al retiro de lotes defectuosos, lo que permite conocer la ubicación en la cadena de suministro y dar seguimiento al recorrido de un producto; además de expandir las ventas de artículos con características difíciles de identificar.

La tecnología digital trae consigo una dependencia cada vez menor con respecto a estar en un lugar y momento específico, e incluso el cambio de lugar empezará a ser posible. La información a la carta dominará la vida digital ya que podremos solicitar explícita o implícitamente lo que queramos, cuando lo deseemos.

Desventajas

Entre las desventajas generales de la digitalización, se identifican la afectación a la propiedad intelectual, dado que la información puede ser copiada con facilidad; la invasión a nuestra intimidad y privacidad, el vandalismo digital, la piratería del software y robo de información. Además, en esta era digital, las relaciones humanas han sido afectadas, ya que, si bien esta tecnología favorece la comunicación a través de internet, el tejido social se ha estado desintegrando y perdiendo solidaridad, convirtiéndonos más individualistas; contrario a lo que

sucedía con las sociedades del pasado que favorecían la transmisión de sus conocimientos de generación en generación, construyendo y fortaleciendo el tejido social con una visión solidario y comunitaria.

El avance de la digitalización nos ha obligado a discutir la continuidad y/o el surgimiento y reemplazo de las fuentes de trabajo, ya que surgen nuevas demandas de mano de obra con otro tipo de calificaciones y ello pone en riesgo los empleos tradicionales como los que hoy conocemos. Esta situación es muy polémica, debido a que, por un lado, existe un optimismo tecnológico en algunos círculos empresariales, académicos y políticos, de que la tecnología invariablemente mejorará al mundo, y, por otro lado, están otros grupos que ven con pesimismo el avance de la digitalización, por la desigualdad y el desempleo que puede generar. En ese sentido, dos científicos de la Universidad de Oxford: Frey, un economista sueco; y Osborne, un ingeniero en robótica e inteligencia artificial, desarrollaron un algoritmo que produce un ranking que comienza con aquellos empleos que hacia el 2030-2050, tienen desde 99 hasta 96 por ciento de posibilidades de ser reemplazados por robots, drones, vehículos que se manejan solos y otras máquinas inteligentes; en esta categoría se encuentran los vendedores por teléfono, de seguros, auditores de cuentas, bibliotecarios, aduaneros, empleados bancarios, árbitros deportivos, vendedores de tiendas, recepcionistas, camareros de restaurantes y hoteles, cocineros, secretarias, técnicos dentales, choferes, médicos, asistentes, entre muchos otros. Estos investigadores señalan que el principal riesgo de la digitalización es que mucha gente se quedará sin trabajo debido a los sistemas automatizados y las oficinas cambiarán tanto como lo han hecho las fábricas e indican que los empleos que están en peligro son todos aquellos que tienen que ver con almacenar o procesar información, ya que la tecnología actual puede reemplazar labores rutinarias, de la misma manera que desde hace tiempo se ha venido reemplazando labores rutinarias de las fábricas por procesos de automatización; estas ocupaciones las sustituirán programas de computación que pueden acumular información, procesarla y hacer proyecciones mejor que los humanos. (Oppenheimer, 2020)

Anders Sandberg, otro investigador de la Universidad de Oxford, apunta que el riesgo del desempleo lo determina si tu trabajo es rutinario y si éste puede explicarse fácilmente, entonces puede automatizarse, si no es así, permanece, ya

que los algoritmos y los robots son mejores que los humanos en hacer tareas repetitivas y previsibles. Esto implica que la noción de tener el mismo trabajo toda la vida ha empezado a desaparecer.

La agricultura es un buen ejemplo de reemplazo y de movilidad laboral hacia otros sectores; en el pasado reciente era la industria que más gente empleaba en muchos países y hasta hace poco desapareció por completo como la principal fuente de trabajo; por ejemplo, en Estados Unidos, en 1850, el 60 por ciento de la población trabajaba en el campo, en 1970, el 5 por ciento y para inicios del siglo XXI sólo el 2 por ciento. En el caso de México, sufrió un proceso similar, para 1900 el 80 por ciento de la población se dedicaba a la agricultura y hoy en día se estima sólo el 23 por ciento, mucha población migró al sector servicios y aprendieron nuevos oficios.

De acuerdo con Forbes (2017), se reconoce que a pesar de que la tecnología digital, y en general las tecnologías de la información (TIC), permite a las pequeñas unidades de producción agropecuaria incrementar su producción y productividad y ser más competitivas, en México solo un 6 por ciento la utilizan, los productores de mayor escala.

La aplicación de nuevas tecnologías en el sector agropecuario, obedece en gran medida a la disponibilidad de recursos financieros; ya que cada herramienta o dispositivo que se quiere implementar, requiere contar con internet y conocimiento para su uso y manejo, además de recursos humanos que descifren los datos generados.

Los prestadores de servicios profesionales y los mismos productores agropecuarios, conocen y manejan las formas tradicionales de producción desde el ángulo de la agronomía, sin embargo, en ambos, existe una marcada deficiencia en el manejo de las nuevas tecnologías digitales. En consecuencia, se hace necesario que al menos, los profesionales de la agronomía, conjuguen sus actividades con perfiles vinculados con tecnologías de datos, para que eventualmente se acelere el proceso de adopción y adaptación de estos instrumentos y permeé de manera gradual en los agricultores.

La eficacia de las tecnologías digitales depende de su insumo principal, los datos. Sin embargo, se reconoce que en muchas de las unidades de producción que ya cuentan con estos dispositivos, existen fallas en la confiabilidad y consistencia de los mismos, dado que hay resistencia de algunos productores a compartir información. Aunque se debe discutir, hasta dónde los agricultores debe compartir su información sin que se genere un riesgo para ellos, ya que muchas empresas obtienen los datos de manera gratuita y luego les dan un uso lucrativo o son comercializados.

La agricultura inteligente, que usa tecnología digital, requiere conectividad continua a internet. Este servicio no está disponible en muchas zonas rurales de nuestro país. Esta desventaja es relevante, aunque se estima sea una condición transitoria que puede ser superada en el corto plazo por el avance de la tecnología y cobertura de ese servicio.

Aun con buena expectativa de la ampliación de la cobertura de internet, la agricultura digital, actualmente utilizada por grandes productores, esta limitada para aquellos de menor escala. Esta situación obedece a la percepción de que el costo de los equipos es alto, y no se tienen muy claras sus ventajas y desventajas. También se presentan problemas de compatibilidad con la maquinaria existente y se tiene una cultura con poca innovación en el sector. Todo esto sin contar que, del total de las unidades de producción, sólo el 5.57 por ciento tiene un ordenador o computadora y el 7.88 por ciento cuenta con internet.

V. Acciones institucionales para el fomento de la tecnología digital.

Los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) mencionan la importancia del uso y disponibilidad de las nuevas tecnologías como un motor de crecimiento y desarrollo económico. En particular, establecen la meta de aumentar significativamente el acceso a la tecnología de la información y las comunicaciones y esforzarse por proporcionar acceso universal y asequible a Internet en los países menos adelantados. Asimismo, reconocen que es fundamental cerrar la brecha digital para lograr erradicar la pobreza. Sin embargo, los resultados esperados de esta aseveración tienen que ser analizados y discutidos con mayor amplitud porque existen argumentos encontrados, inclusive, señalan que la digitalización es un factor precursor de desigualdad.

La FAO ofrece, a través de la plataforma electrónica FAOSTAT, el acceso libre a datos estadísticos sobre alimentación y agricultura de más de 245 países, incluyendo México. Asimismo, promueve una plataforma llamada TECA, la cual reúne tecnologías y prácticas agrícolas exitosas para facilitar la adopción y el intercambio del conocimiento, con ellos busca ayudar a los agricultores y sus familias que viven en el campo.

En el caso de México, el Art. 6 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), establece que el Estado garantizará el derecho de acceso a las tecnologías de la información y comunicación, así como a los servicios de radiodifusión y telecomunicaciones, incluido el de banda ancha e internet. Para garantizar este derecho, el Ejecutivo Federal debería desarrollar una Política de inclusión digital universal.

Por tal motivo, en el Art. 3 de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, ordena la Política de inclusión digital universal, que es el conjunto de programas y estrategias emitidos por el Ejecutivo Federal orientadas a brindar acceso a las tecnologías de la información y la comunicación, incluyendo el Internet de banda ancha para toda la población, haciendo especial énfasis en sus sectores más vulnerables, con el propósito de cerrar la brecha digital existente entre individuos, hogares, empresas y áreas geográficas de distinto nivel socioeconómico, respecto a sus oportunidades de acceso a las tecnologías referidas y el uso que hacen de éstas.

Asimismo, el Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2020-2024, tiene entre sus Objetivos Prioritarios: promover la cobertura, el acceso y el uso de servicios postales, de telecomunicaciones y radiodifusión, en condiciones que resulten alcanzables para la población, con énfasis en grupos prioritarios y en situación de vulnerabilidad, para fortalecer la inclusión digital y el desarrollo tecnológico.

En México, desde el sexenio anterior, se puso en marcha el proyecto red compartida, el cual se propuso llevar conexión de internet a las regiones que carecen de este servicio. Para 2019, se anunció el Programa de Conectividad en Sitios Públicos 2020-2021, con busca contribuir al logro de uno de los proyectos prioritarios del Gobierno de México, impulsar el acceso y uso de Internet en todo el país y dotar a todos los mexicanos de las mismas oportunidades para mejorar sus habilidades y capacidades para la educación y la productividad en el entorno laboral. En consecuencia, a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, se impulsa este programa de conectividad como un mecanismo de política pública que favorece el acceso a Internet y contribuye a la reducción de la brecha de desigualdad entre las zonas rurales y las urbanas del país, por lo que impacta de manera transversal en el cumplimiento de los 17 ODS, pero principalmente en los siguientes: 1. Fin de la Pobreza, 3. Salud y Bienestar, 4. Educación de Calidad, 5. Igualdad de Género, 8. Trabajo decente y crecimiento económico y 10. Reducción de las Desigualdades.

Por su parte, la Ley de Desarrollo Rural Sustentable dispone de todo un capítulo para impulsar la investigación y transferencia de tecnología, en donde se promueve, la generación, apropiación, validación y transferencia de tecnología en el sector agropecuario.

En la actual LXIV Legislatura del Poder Legislativo, se han hecho múltiples Iniciativas para reformar leyes vinculadas con el desarrollo y uso de las tecnologías digitales en la agricultura, cuyo estatus de muchas de ellas esta “pendiente”.

Actualmente, el marco regulatorio y los instrumentos de política pública son insuficientes para ordenar el proceso de la digitalización de las actividades

agropecuarias, además de reconocer que el desarrollo y adopción de esta tecnología es impulsada principalmente, por empresas del sector privado, y la participación del sector público aún es incipiente.

VI. Comentarios y reflexiones finales

La producción alimentaria es una actividad compleja que depende de muchos factores externos como el clima y el mercado, que no están bajo el control del productor. Ante esta situación, las herramientas y dispositivos de la tecnología digital, podrían apoyar en el mediano plazo a incrementar la producción de alimentos y a optimizar el uso de los diferentes recursos utilizados.

Aunque la CEPAL señala que se debe acelerar el proceso de digitalización en el campo y mejorar el entorno en el que se desarrollan e implementan estas tecnologías, para garantizar que los beneficios de estas herramientas lleguen a todos, en particular a los productores de menor escala que viven en zonas rurales marginadas y aisladas; también advierte que se podría tener el efecto opuesto a la equidad y desarrollo de las comunidades, ya que podría ser una fuente de exclusión y ampliación de las desigualdades. Por ello, es importante poner de relieve, que la digitalización por sí misma no es la panacea para la solución de los problemas de alimentación que tiene la sociedad, si bien es una herramienta que se le puede sacar el mejor provecho, también se debe reconocer que su uso en la agricultura, esta asociada prácticas agrícolas intensivas que llevan a cabo los productores de gran escala, como la aplicación creciente de fertilizantes y plaguicidas de síntesis química, y la utilización de semillas genéticamente modificadas, actividades que están inmersas en una gran polémica por el tema de la conservación de los ecosistemas; además de la sustitución de mano de obra por máquinas y dispositivos automatizados.

La digitalización es un proceso que va avanzado en todas las actividades económicas, y aún con las controversias y polémica que surjan, se deben aprovechar los beneficios de la agricultura digital en los productores de menor escala, que viven en zonas aisladas y marginadas, por lo que es preciso brindar las condiciones necesarias para que exista un ecosistema digital adecuado como el desarrollo de contenidos, alfabetización y capacitación, infraestructura y cobertura, plataformas y aplicaciones y dispositivos con precios accesibles; y sobre todo conectividad física a través de carreteras, red eléctrica y de comunicaciones; y conectividad virtual mediante internet permanente y estable. El desarrollo de la infraestructura física y virtual genera propicia un crecimiento más equilibrado entre los diversos pueblos y comunidades.

El Estado tiene el poder y los instrumentos políticos para establecer acuerdos con las organizaciones de la sociedad civil y del sector privado, para desarrollar infraestructura pública que permita acercar las innovaciones digitales a los productores más marginados y coadyuve a mejorar sus condiciones de vida, así como disminuir las brechas tecnológicas con los productores de mayor escala.

La implementación de tecnología digital en las actividades agropecuarias ayudaría a inhibir la migración de los jóvenes, despertando su interés en el desarrollo del campo a través de las nuevas herramientas y dispositivos. En ese sentido, es razonable implementar planes de capacitación, aprovechando que las nuevas generaciones cuentan con mejor disposición y acercamiento en el manejo tecnológico, por lo que en el mediano plazo se tendría mayor población con habilidades desarrolladas.

Aunque se promueva con mucho ahínco que la tecnología digital no busca sustituir a los agricultores o ganaderos, sino mejorar las condiciones de trabajo, hacer más eficiente las labores humanas y sostenible su modelo productivo, la realidad es que puede verse como una amenaza para el sector agropecuario, ya que al ser el precursor de la automatización, podría ser causa importante de desempleo por el desplazamiento de las máquinas.

También, es necesario reconocer que todas las agriculturas de nueva generación se justifican con el argumento de que es necesario alimentar a una población creciente con recursos ambientales afectados y disminuidos, por lo que se requiere del uso de dispositivos y equipos automatizados. Aunque ello, por definición, implica de una agricultura sin productores; que en la actualidad eso sucede en la agricultura industrial.

Finalmente, esta era digital obliga a todas las estructuras del estado a adaptarse y actualizarse para atender los nuevos retos, y el Congreso no está exento de hacerlo, por lo que tendrá que ser muy creativo para promover e impulsar un marco legal que proporcione un sistema equitativo a todos miembros de la sociedad.

Bibliografía

- Andreu, A; Carpintero, E; González-Dugo, M.P. (2021). Teledetección para la Agricultura. Formato digital (e-book). Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/registro-servifapa/bdac6055-21a9-4dd7-8cba-06a3e9d67873>
- Axxes Networks. (S.f). Las imágenes satelitales y sus aplicaciones en la vida cotidiana. [En línea]. Fecha de consulta: 31 de julio de 2021. Disponible en: https://axessnet.com/las-imagenes-satelitales-y-sus-aplicaciones-en-la-vida-cotidiana/?cli_action=1627783138.355
- Banco de México. (2018). La automatización en México desde una perspectiva regional. [En línea]. Fecha de consulta:3/06/21. Disponible en: <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/reportes-sobre-las-economias-regionales/recuadros/%7BE3665296-DCDE-78FD-54CB-0420E1CD9A36%7D.pdf>
- Banco Mundial. (2020). Población rural(% de la población total). [En línea]. Fecha de consulta:12/04/21. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.RUR.TOTL.ZS>
- Banco Mundial. (2020). Población total. [En línea]. Fecha de consulta:12/04/21. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL>
- CEPAL. (2021). Boletín No 18. Sistemas alimentarios y COVID-19 en América Latina y el Caribe:Digitalización de la agricultura para la transformación inclusiva de sociedades rurales. [En línea]. Fecha de consulta:20/07/21. Disponible en: <https://www.cepal.org/fr/node/53992>
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Última reforma publicada DOF 28-05-2021. [En línea]. Fecha de consulta:18/07/21. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_280521.pdf
- Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) 2000. Serie anterior, Microdatos [en línea]: Fecha de consulta 04/06/21. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/tradicional/2000/default.html#Microdatos>

Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) 2018. Nueva serie, Microdatos [En línea]. Fecha de consulta: 4/06/21. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/nc/2018/default.html#Microdatos>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). E-Agriculture in action. Drones for agriculture. [En línea]. Fecha de consulta: 30 de julio de 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/3/I8494EN/i8494en.pdf>

García E, Flego F. (2008). Agricultura de Precisión, Revista Ciencia y Tecnología. Universidad de Palermo. 99–116. Fecha de consulta: 22 de junio de 2021. Disponible en: <http://www.palermo.edu/ingenieria/downloads/pdfwebc&T8/8CyT12.pdf>

gps.gov. Agricultura. [En línea]. Fecha de consulta: 22 de julio de 2018. Disponible en: <https://www.gps.gov/applications/agriculture/spanish.php>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2019. [En línea]. Fecha de consulta: 20/07/20. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Encuesta Nacional Agropecuaria, 2019. [En línea]. Fecha de consulta: 23 de junio de 2021. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ena/2019/doc/rrdp_ena2019.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Encuesta Nacional Agropecuaria – Tabulados, 2019. [En línea]. Fecha de consulta: 23 de junio de 2021. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2019/#Tabulados>

International Telecommunications Union (ITU). Measuring digital development. Facts and figures, 2020. [En línea]. Fecha de consulta: 25 de julio de 2021. Disponible en: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/FactsFigures2020.pdf>

https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/hdb/R-HDB-60-2003-PDF-S.pdf

- Ley de Desarrollo Rural Sustentable. Publicada el 7 de diciembre de 2001, Última reforma publicada DOF 06-06-2021. [En línea]. Fecha de consulta:10/07/21. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/235_030621.pdf
- Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión. Publicada el 14 de julio de 2014, Última reforma publicada DOF 20-05-2021. [En línea]. Fecha de consulta:18/07/21. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFTR_200521.pdf
- Negroponte, Nicholas. (1995). El mundo digital. [En línea]. Fecha de consulta:16/04/21. Disponible en: <https://users.dcc.uchile.cl/~cguetierr/cursos/INV/serDigital.pdf>
- Oppenheimer, Andrés. (2021). ¡Sálvese quien pueda!. México: Penguin Random House.
- Pino, E. (2019). Los drones una herramienta para una agricultura eficiente: un futuro de alta tecnología. [En línea]. Fecha de consulta: 1 de julio de 2021. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v37n1/0718-3429-idesia-00402.pdf>
- PRISMAB. (2019). Sensores de suelo para agricultura de precisión.[En línea]. Fecha de consulta: 8 de junio de 2021. Disponible en: <https://prismab.com/sensores-de-suelo-para-agricultura-de-precision/>
- Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes, 2020-2024. [En línea]. Fecha de consulta:21/07/21. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/565614/Programa_Sectorial_de_Comunicaciones_y_Transportes_2020-2024.pdf
- Revista de Robots. Robótica. (2021) Qué es y para qué sirve. [En línea]. Fecha de consulta: 1 de julio de 2021. Disponible en: <https://revistaderobots.com/robots-y-robotica/que-es-la-robotica/>
- Rouhiainen, Lasse. (2018). Inteligencia Artificial. [En línea]. Fecha de consulta:15/05/21. Disponible en: https://static0planetadelibroscom.cdnstatics.com/libros_contenido_extra/40/39308_Inteligencia_artificial.pdf

Villa, Verónica. (2021). Agricultura y digitalización en América Latina. Revista electrónica: En el volcán Insurgente [En línea]. Fecha de consulta:4/07/21. Disponible en: <http://enelvolcan.com/92-ediciones/065-abril-junio-2021/734-agricultura-y-digitalizacion-en-america-latina>