

AGRO 4.0: ¿UNA POSIBILIDAD DE MEJORA EN EL CAMPO VENEZOLANO O UNA SOLUCIÓN PARA LA AGRICULTURA EN VENEZUELA?

Chacón Ramírez, Edgar Alfonso¹
Cardillo, Juan²
Mora, Luis³
Hernández, Martha Y.⁴

Recibido: 08-11-2022 Revisado: 16-01-2023 Aceptado: 20-01-2023

RESUMEN

La irrupción de las tecnologías de información en todas las actividades de la sociedad ha traído importantes mejoras en su desarrollo. La agricultura y la agroindustria han sido dos de los grandes beneficiarios de estos cambios, al mejorar la calidad de los datos obtenidos, el desarrollo de modelos para una agricultura más precisa, así como el manejo de la cadena de valor desde los proveedores hasta el consumidor final con base en la internet y otras herramientas digitales. No obstante, para alcanzarlos es necesario mejorar la formación de las personas involucradas y nuevos modos de

¹ Ingeniero de Sistemas (Universidad de Los Andes-ULA, Venezuela); Diploma de Estudios de Profundización (Université Paul Sabatier-UPS, Francia); Doctor Ingeniero en Automatización (Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes-Centre National de la Recherche Scientifique, LAAS-CNRS, Francia). Profesor Titular e Investigador de la Escuela de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes-ULA, Venezuela. *Dirección postal:* Av. Alberto Carnevali, Núcleo La Hechicera, Edif. B, Facultad de Ingeniería, piso 2, oficina 2S06. *ORCID:* <http://orcid.org/0000-0001-5612-0368>. *Teléfonos:* +58 (0)274 2402811; +58 (0)416 6740634; *e-mail:* echacon@ula.ve; echacon.ve@gmail.com

² Ingeniero de Sistemas (Universidad de Los Andes-ULA, Venezuela); M.Sc. en Ingeniería de Control y Automatización (ULA, Venezuela); Diplôme d'Études Approfondies Systèmes Automatiques (Université Paul Sabatier-UPS, Francia); Doctor en Automática (UPS, Francia); Doctor en Ciencias Aplicadas (ULA, Venezuela). Profesor Titular del Departamento de Sistemas de Control de la Escuela de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes-ULA, Venezuela; Integrante del grupo de Sistemas Dinámicos (ULA, Venezuela); Jefe de Catedra de Automatización (ULA, Venezuela); Desarrollos en docencia, investigación y extensión (consultorías) en el área de control automático de procesos y automatización industrial. *ORCID:* <https://orcid.org/0000-0001-8358-677X>. *Scopus Author ID:*7003781720. *Dirección postal:* Av. Alberto Carnevali, Núcleo La Hechicera, Edif. B, Facultad de Ingeniería, piso 2, oficina 2S06; *e-mail:* ijuan@ula.ve; juan.cardillo.a@gmail.com

³ Ingeniero Civil (Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado-UCLA, Venezuela); Ingénieur en Gestion des Eaux (École Nationale des Travaux Publics de l'État-ENTPE, Francia); M.Sc. en Recursos Hidráulicos (Universidad de Los Andes-ULA, Venezuela); Doctor en Ciencias Aplicadas (ULA, Venezuela). Profesor Titular del Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial, CIDIAT-ULA, Venezuela; Coordinador del Programa de Postgrado en Gestión de Sistemas de Abastecimiento, Recolección y Tratamiento de Aguas (CIDIAT-ULA); Coordinador de Investigación del CIDIAT-ULA. *Dirección postal:* Parque La Isla. Edificio CIDIAT, Mérida, 5101-A, Venezuela. *ORCID:* <https://orcid.org/0000-0002-3499-4520>. *Teléfonos:* +58 (0)412 2771062; *e-mail:* lemoramora@gmail.com

⁴ Ingeniero de Sistemas (Universidad de Los Andes-ULA, Venezuela); M.Sc. en Economía (ULA, Venezuela); Candidata a Doctora en el Doctorado de Ciencias Organizacionales de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales (ULA, Venezuela). Profesora e Investigadora del Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales-IIES, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales-FACES (ULA, Venezuela). Miembro del Consejo Técnico de la Cátedra Libre Formación para la Libertad de la Universidad de Los Andes-ULA. *ORCID:* <https://orcid.org/0000-0003-2289-444X>. *Dirección Postal:* Av. Las Américas, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Núcleo Liria, Edif. G «Leocadio Hontoria», Instituto Investigaciones Económicas y Sociales-IIES, piso 3. *Teléfono:* +58 (0)274 2401081; *e-mail:* marthayanira@gmail.com

gestión de los recursos y procesos productivos. El objetivo de este artículo es caracterizar y analizar la situación venezolana respecto al uso de estas tecnologías, para luego formular una propuesta de gestión de las mismas, con el fin último que estos beneficios lleguen a las distintas cadenas agroalimentarias de Venezuela. En estudios previos realizados por el equipo se verificó que –efectivamente– los productores del agro están en la mejor disposición de encarar el paradigma AGRO 4.0, incluyendo la gestión de sus recursos hídricos y sus actividades productivas, con el fin de tener una producción amigable con el ambiente. El análisis de la situación actual y las perspectivas de implantación de tecnologías AGRO 4.0 indica que se puede reducir la presión sobre el recurso agua (Objetivo de Desarrollo Sostenible 6.4.2), al igual que permitirá mejorar la rentabilidad de las actividades del sector agroalimentario y un incremento de la gobernanza. En el caso específico del estudio de la situación en Venezuela respecto al uso de estas tecnologías, las limitaciones tanto económicas como de las tecnologías disponibles, aunadas a la falta de formación tecnológica de los usuarios son las razones que condujeron a formular una propuesta de gestión de las mismas, para que estos beneficios lleguen a las distintas cadenas mediante una estructura que permita el uso de la tecnología por parte del productor del campo, incorporando aspectos de implantación de una infraestructura tecnológica compartida, esquemas de alfabetización tecnológica y una propuesta de gestión que permitan el uso compartido de los recursos limitados, incluyendo el recurso hídrico de una manera transparente.

Palabras clave: industria 4.0, agro 4.0, transformación digital, automatización, granjas inteligentes, agricultura de precisión, Venezuela

ABSTRACT

The irruption of information technologies in all activities of society has brought significant improvements in its development. Agriculture and agribusiness have been two of the great beneficiaries of these changes, by improving the quality of the data obtained, the development of models for more precise agriculture, as well as the management of the value chain from suppliers to the end consumer based on the Internet and other digital tools. However, to achieve these goals, it is necessary to improve the training of the people involved and new ways of managing resources and production processes. This article aimed to characterize and to analyze the Venezuelan situation regarding the use of these technologies, and then formulate a proposal for their management, with the ultimate aim of ensuring that these benefits reach the different agri-food chains in Venezuela. Previous studies conducted by the team verified that agricultural producers are indeed in the best position to face the AGRO 4.0 paradigm, including the management of their water resources and productive activities, in order to have an environmentally friendly production. The analysis of the current situation and the prospects for the implementation of AGRO 4.0 technologies indicates that pressure on water resources can be reduced (Sustainable Development Goal 6.4.2), as well as improving the profitability of agri-food sector activities and increasing governance. In the specific case of the study of the situation in Venezuela with respect to the use of these technologies, the economic and technological limitations available and the lack of technological training for users are the main reasons that led to the formulation of a proposal for their management. Its purpose is that these benefits reach the different chains through a structure that allows the use of technology by rural producers, incorporating aspects of the implementation of a shared technological infrastructure, technological literacy schemes, and a management proposal that allows the shared use of limited resources, including water resources in a more transparent way.

Key words: Industry 4.0, agriculture 4.0, digital transformation, automation, smart farms, precision agriculture, Venezuela

RÉSUMÉ

The irruption of information technologies in all activities of society has brought significant improvements in its development. Agriculture and agribusiness have been two of the great beneficiaries of these changes, by improving the quality of the data obtained, the development of models for more precise agriculture, as well as the management of the value chain from suppliers to the end consumer based on the Internet and other digital tools. However, to achieve these goals, it is necessary to improve the training of the people involved and new ways of managing resources and production processes. This article aimed to characterize and to analyze the Venezuelan situation regarding the use of these technologies, and then formulate a proposal for their management, with the ultimate aim

of ensuring that these benefits reach the different agri-food chains in Venezuela. Previous studies conducted by the team verified that agricultural producers are indeed in the best position to face the AGRO 4.0 paradigm, including the management of their water resources and productive activities, in order to have an environmentally friendly production. The analysis of the current situation and the prospects for the implementation of AGRO 4.0 technologies indicates that pressure on water resources can be reduced (Sustainable Development Goal 6.4.2), as well as improving the profitability of agri-food sector activities and increasing governance. In the specific case of the study of the situation in Venezuela with respect to the use of these technologies, the economic and technological limitations available and the lack of technological training for users are the main reasons that led to the formulation of a proposal for their management. Its purpose is that these benefits reach the different chains through a structure that allows the use of technology by rural producers, incorporating aspects of the implementation of a shared technological infrastructure, technological literacy schemes, and a management proposal that allows the shared use of limited resources, including water resources in a more transparent way.

Key words: Industry 4.0, agriculture 4.0, digital transformation, automation, smart farms, precision agriculture, Venezuela

RESUMO

A irrupção das tecnologias de informação em todas as atividades da sociedade trouxe importantes melhorias em seu desenvolvimento. A agricultura e a agroindústria têm sido dois dos grandes beneficiários dessas mudanças, melhorando a qualidade dos dados obtidos, o desenvolvimento de modelos para uma agricultura mais precisa, bem como a gestão da cadeia de valor, desde os fornecedores até o consumidor final, com base na internet e em outras ferramentas digitais. No entanto, para alcançá-los, é necessário melhorar a formação das pessoas envolvidas e de novos modos de gestão dos recursos e processos produtivos. O objetivo deste artigo é caracterizar e analisar a situação venezuelana em relação ao uso dessas tecnologias, para depois formular uma proposta de gestão dessas ferramentas, com o objetivo final de que esses benefícios atinjam as diferentes cadeias agroalimentares da Venezuela. Em estudos prévios realizados pela equipe, verificou-se que, efetivamente, os produtores do campo estão dispostos a enfrentar o paradigma AGRO 4.0, incluindo a gestão de seus recursos hídricos e suas atividades produtivas, a fim de ter uma produção amigável ao meio ambiente. A análise da situação atual e das perspectivas de implantação das tecnologias AGRO 4.0 indica que é possível reduzir a pressão sobre o recurso água (Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6.4.2), bem como permitir a melhoria da rentabilidade das atividades do setor agroalimentar e um aumento da governança. No caso específico do estudo da situação na Venezuela em relação ao uso dessas tecnologias, as limitações econômicas e de tecnologias disponíveis, juntamente com a falta de formação tecnológica dos usuários, são as razões que levaram a formular uma proposta de gestão dessas ferramentas, para que esses benefícios cheguem às diferentes cadeias, por meio de uma estrutura que permita o uso da tecnologia pelo produtor do campo, incorporando aspectos de implantação de uma infraestrutura tecnológica compartilhada, esquemas de alfabetização tecnológica e proposta de gestão que permitam o uso compartilhado dos recursos limitados, incluindo o recurso hídrico, de maneira transparente.

Palavras-chave: indústria 4.0, agricultura 4.0, transformação digital, automação, fazendas inteligentes, agricultura de precisão, Venezuela

1. INTRODUCCIÓN

La sociedad de la información y el avance tecnológico han derrumbado fronteras comunicacionales. El rasgo distintivo de las sociedades de la información es que se basan tanto en el conocimiento como en los esfuerzos por convertir la información en conocimiento (Ortiz, 1995). La disposición de información en tiempo real con la inclusión de la tecnología

en la vida diaria de las personas, ha sido de utilidad en la toma de decisiones para obtener el máximo beneficio con los recursos disponibles. Estos cambios han ido evolucionando y llevado a la transformación digital de la actividad humana (Pérez-González, Solana-González y Trigueros-Preciado, 2018).

Por otro lado, la crisis sanitaria debida a la COVID-19 ha acelerado el proceso de

digitalización de la sociedad (Contractor, 2022). Avances que se pensaba que tardarían años en concretarse han ocurrido en pocos meses. En este caso las tecnologías digitales han sido esenciales para el funcionamiento de la economía y la sociedad durante la emergencia, incidiendo en las áreas de la salud, la educación, el trabajo, la logística y el comercio (Sotomayor, Ramírez y Martínez, 2021). Afirman además que se está frente a un verdadero cambio cultural, pues esta tendencia incide en todos los ámbitos y en todos los sectores sociales, afectando por tanto el funcionamiento de la economía y de la sociedad global.

En la industria, la transformación digital ha tenido un gran impacto, siendo el habilitador de la cuarta revolución industrial. Este cambio está asociado a los cambios tecnológicos dentro de los procesos industriales, a la posibilidad de tener mediciones en los procesos y en la utilización del concepto de sistemas ciberfísicos (*cyber-physical systems*) y el de gemelos digitales (*digital twin*). El sector agrícola forma parte de estos cambios y a nivel mundial (Kosior, 2018). Así, la agricultura, la piscicultura y la ganadería están cambiando profundamente con la incorporación de nuevas tecnologías –robótica, nanotecnología, ingeniería genética, sensores–, así como con la incorporación de las tecnologías de la información –inteligencia artificial, aprendizaje automático, reconocimiento de patrones– y el uso de las tecnologías de comunicación –satélites, telefonía celular, internet de las cosas– en todas las fases del proceso productivo, y el manejo de la cadena de valor agrícola (Klerkx y Rose, 2021; Martens y Zscheischler, 2022; Yoon, Huh, Kang, Park y Lee, 2018). Estas tecnologías habilitan la existencia de la «granja inteligente» como una realidad.

La granja inteligente, asociando el concepto inteligencia como la capacidad de un organismo para tomar decisiones que le permitan alcanzar el objetivo de sostenibilidad del ente, implica la existencia de modelos de todas las entidades que la conforman: animales, plantas, clima, mercado, costos, disponibilidad y capacidad del recurso humano, así como datos reales y válidos en el tiempo que permitan a la granja tomar decisiones coherentes con el objetivo final de la sostenibilidad, tanto económica como

ambiental. En este caso se considera a la sostenibilidad –o desarrollo sostenible– como la búsqueda de un avance social y económico que asegure a los seres humanos una vida sana y productiva, pero que no comprometa las capacidades de generaciones futuras, para satisfacer sus propias necesidades. Por tanto, lo que busca un desarrollo social que contribuya a mejorar la calidad de vida, salud, educación y cultura de todas las personas.

Aunado al criterio de sostenibilidad se tiene el criterio de sustentabilidad o desarrollo sustentable. Este implica hacer uso correcto de los recursos actuales, sin comprometer los recursos de las generaciones futuras; esto es preservar, proteger y conservar los recursos naturales actuales y futuros, imprescindibles en las buenas prácticas en el sector agrícola y pecuario. Para ello se requiere tener/medir una gran cantidad de variables, contar con modelos para medir la sostenibilidad, al tiempo que los datos relevantes deben estar bien estructurados para la recuperación, almacenamiento y análisis de los mismos y es menester comprender los factores que afectan la sostenibilidad.

Entonces, la digitalización del agro –o de la agricultura, en su acepción más amplia– consiste no solamente en tener datos digitales disponibles, sino también modelos digitales que permitan al productor tener un asesor digital que lo apoye en sus tareas; y, si es posible, tener maquinarias que sean automatizadas para mejorar su rendimiento. El éxito de la digitalización de dicho sector va a depender de la sinergia entre las experticias y mejores prácticas contenidas en el agro, conjugado con desarrollos tecnológicos que faciliten y apoyen el quehacer de los productores. Para ello es necesaria la formación del productor en el entendimiento y uso de la tecnología, así como instaurar las experticias recabadas en mecanismos de ayuda a la toma de decisiones para el productor, que vayan en pro de beneficios tangibles. Aquí hay que tener en cuenta que las diferentes configuraciones sociales y tecnológicas, también denominadas «paquetes sociotécnicos» (Barrett y Rose, 2020), pueden conducir a una distribución diferente de los impactos en las partes interesadas. Un elemento importante, invisible, es la confianza que ambos productor-tecnología puedan tener para lograr el objetivo de la digitalización.

No obstante, una de las debilidades más importantes que presenta el sector es justamente la planificación de su cosecha o producción conforme a los precios de mercado, de las importaciones y exportaciones, así como también la demanda requerida para cada época del año. De allí el papel preponderante que juega la tecnología. Como una respuesta que permite contar con un mecanismo de ayuda a la toma de decisiones al productor, emergió la **agricultura de precisión** (O'Grady y O'Hare, 2017), que consiste en un modelo de gestión basado en información detallada, propia del sitio de producción, para establecer de manera óptima la producción de los cultivos en pequeñas unidades de producción. Esta se realiza de acuerdo con las características de la pequeña unidad, con un mínimo consumo de agua, fertilizantes y pesticidas, utilizando tecnologías avanzadas. La información es el punto clave en la agricultura de precisión (An *et al.*, 2017).

Por lo tanto, la transformación digital en la agricultura y las áreas rurales viene con una variedad de preocupaciones –éticas– y, por tanto, un número creciente de autores ha abogado por un enfoque de investigación e innovación responsables (RRI, por sus siglas en inglés) para la transformación digital en la agricultura. Para ello Rose y Chilvers (2018) piden: i) un enfoque más sistémico para mapear las innovaciones asociadas con la digitalización de la agricultura; ii) ampliación de las nociones de inclusión en RRI, para incluir una diversidad de participantes; y, iii) probar los marcos de innovación responsable en la práctica, para estimar si los procesos de innovación pueden hacerse más socialmente responsables, a fin de que la RRI sea más relevante y sólida para la próxima tecnología agrícola.

La responsabilidad tiene un doble sentido. Por un lado, está la responsabilidad *ex ante* o normativa, que se trata de patrones de conducta que en base al conocimiento actual permiten minimizar los riesgos. Esto tiene que ver principalmente con los deberes morales y las sanciones morales. Por el otro, existe la responsabilidad *ex post*, es decir, el deber de los actores de responder a las consecuencias no deseadas o no intencionadas de las tecnologías

o el comportamiento. Esta segunda acepción se acerca mucho más al concepto de rendición de cuentas, pudiendo incluso ser objeto de sanciones. Esto también implica un vínculo cognitivo entre la información, las decisiones, las prácticas y sus resultados. Por ello las tecnologías digitales se consideran «un facilitador fundamental para alcanzar los objetivos de sostenibilidad del Pacto Verde en muchos sectores» (Potts, 2021, p. 19).

La transformación digital comprende un espectro de actividades, que abarca tanto la digitación como la digitalización, en los términos siguientes: i) la digitación puede describirse como la «conversión técnica de información analógica a formato digital» (Autio, 2017, traducción propia), mientras que digitalización es el término que se utiliza a menudo para describir los procesos sociotécnicos que rodean el uso de (una gran variedad de) tecnologías digitales que tienen un impacto en los contextos sociales e institucionales; y, ii) la digitalización, va más allá del nivel de una sola empresa o entidad, vinculando datos dentro y fuera de la explotación y tareas de gestión, que se ven reforzadas por la conciencia del contexto y la situación; y desencadenadas por eventos en tiempo real (Rose y Chilvers, 2018; Wolfert, Ge, Verdouw y Bogaardt, 2014).

De otro lado, la sostenibilidad de la producción se ve reflejada en la cadena de valor de la producción agropecuaria. Por tanto, en cada elemento del eslabón debe estar presente la digitalización del proceso con el fin de lograr una optimización completa del proceso productivo.

Finalmente, pero no menos importante, en algunos países como Perú (Gestión Perú, 2021) se asegura que con el uso de tecnologías digitales, se pueden realizar economías solo en el uso de agroquímicos del 10%, aparte de aquellos en uso más eficiente de recursos hídricos, tal como se abordará más adelante.

En este escenario, el trabajo fue organizado en 5 secciones. La primera –que es esta introducción– da una visión general de las ventajas que se tiene en la utilización de una concepción de automatización, utilizada en la industria al campo. En la sección 2 se da una revisión muy general sobre lo que se está

haciendo en el AGRO 4.0 en el mundo. La sección 3 trata de fijar el contexto del agro en Venezuela y sus relaciones con las tecnologías disponibles. En la sección 4 se realiza una propuesta sobre como introducir estos conceptos en el agro venezolano, para finalmente esbozar algunas conclusiones –sección 5–.

2. NUEVA VISIÓN DEL AGRO EN EL MUNDO: ¿QUÉ SE ESTÁ HACIENDO?

La agricultura es considerada una de las actividades más críticas y se encuentra en constante evolución técnica para abastecer de alimentos y otros productos esenciales a la eterna y creciente demanda. Algunos avances en este sentido están dados en el desarrollo de nuevas maquinarias, semillas y fertilizantes para aumentar la productividad de las áreas cultivadas.

Partiendo de que el uso de las tecnologías mejora el agro, se han establecido un conjunto de indicadores y de tecnologías que permiten a los agrosistemas ser sostenibles, usando la metodología del Índice de Sostenibilidad de los Agroecosistemas (ISA) (Da Fonseca *et al.*, 2019, 2020), enfocada en AGRO 4.0. En ella se enfatiza en 7 indicadores que contienen inmersos los 21 de la metodología ISA, pudiéndose identificar el nivel de sostenibilidad. Estos 7 indicadores son:

1) Balance económico, que contienen: Diversificación de ingresos, Desarrollo de Activos, Grado de endeudamiento.

2) Balance social, que incluye: Disponibilidad de Servicios Básicos, Beca, Calidad laboral/empleo.

3) Manejo del negocio, que contiene: Gestión empresarial, Gestión de la información, Gestión de Residuos, Indicadores de Seguridad en el Trabajo.

4) Capacidad productiva del suelo, asociada a indicador de fertilidad y uso del suelo.

5) Calidad y disponibilidad del agua, asociado a la calidad/disponibilidad del agua y a los riesgos de contaminación –sobre el uso de plaguicidas y entrega de excesos de nutrientes a los medios receptores–.

6) Manejo de los sistemas de producción, que contiene: Evaluación de la degradación de

suelos, Adopción de prácticas de conservación, Indicadores de calidad vial. Y,

7) Ecología del paisaje rural, asociados a Vegetación nativa, Áreas de preservación permanente, Área de reserva legal, Indicadores de diversificación del paisaje.

Así mismo establece la necesidad de un sistema capaz de: i) caracterizar, visualizar y analizar los datos recopilados; y, ii) implementar estrategias inteligentes que puedan medir la sostenibilidad en los agroecosistemas.

También define algunos desafíos como equilibrar la producción sostenible con las necesidades de las sociedades o las demandas del mercado y ser más eficiente, reduciendo su impacto en el medio ambiente, dados en los certificados ISO 14001 y EMAS (European Commission, 2008, 2016, 2018).

Como punto clave, han sido recopilados 17 aspectos, los cuales se han desarrollado o se están desarrollando para la transformación digital en la agricultura inteligente. Estos son:

1. Las cinco V (uves) del *Big Data*: Volumen, Velocidad, Variedad, Veracidad y Valor (Monroe, 2017).

2. Las fuentes de datos para las soluciones en agrosistemas son muy variadas: imágenes de drones, instituciones gubernamentales, sensores meteorológicos, información histórica de agro producción y oportunidades de mercado, encuestas, la web, entre otros sensores y datos de diferente naturaleza.

3. Uso de herramientas para manejo de Big Data: bases de datos, sistemas SIG, modelos digitales de terreno –de preferencia de origen LIDAR–, herramientas estadísticas, mecanismos formales de modelado, entre otras.

4. Uso de *Machine Learning* e IA, para establecer modelos predictivos con aprendizaje automático y modelos predictivos formales con uso de base de datos muy variados.

5. Seguridad y precisión de los datos: Nube, local y entornos compartidos.

6. La organización por parte de cooperativas o comunidades de agroproductores-consumidores, que con ayuda de externos propone un movimiento que los empodera y aumenta el intercambio de información y datos, posiblemente abriendo nuevas ventanas para introducir *Big Data* en sus operaciones y hace factible ir hacia Agro 4.0.

7. Uso de expertos para el análisis de datos para ayudar a guiar a los productores.

8. El *Big Data* tiene el potencial de impulsar la productividad y el desarrollo de una agricultura más inteligente, lo que permite aumentar la producción de forma respetuosa con el medio ambiente.

9. La diferencia sustancial entre el paradigma «agricultura de precisión» frente a la agricultura convencional tradicional es su énfasis en la recolección y análisis de datos para guiar la toma de decisiones y la superación de desafíos. Destacan entre ellos la fertilidad del suelo, la sobre fertilización, la contaminación del agua, la disponibilidad de agua y las emisiones de gases de efecto invernadero, entre otros.

10. Negocio inteligente (*BI*, por sus siglas en inglés), modelos que tienen en cuenta la sostenibilidad de una empresa, considerando las dimensiones de sostenibilidad económica, social y ecológica de un negocio corporativo genérico ejemplar.

11. *Product steward ship Green IS*, que es la adopción de sistemas de información amigables para mejorar la gestión del ciclo de vida en la cadena de suministro.

12. Impactos de la tecnología y los sistemas de la información en el medio ambiente, que se agrupan en dos categorías. Los de primer orden son los impactos negativos del uso, frente a los cuales la eliminación de los sistemas de información en el medio ambiente, el esfuerzo de mitigarlas, se llama IT verde (Tecnología de la Información Verde). Por su parte, los de segundo orden son los impactos positivos del uso del *Green IS (Green Information System)* como herramienta para mejorar la sostenibilidad de una operación, actividad o negocio. Un sistema de información que aborde temas de sustentabilidad ambiental permite a los gestores involucrados en la cadena productiva tomar decisiones más calificadas, resultando en beneficios en los aspectos sociales, económicos y ambientales de sus actividades, al tiempo que trae ventajas a los grupos que los utilizan. Ejemplos de ellos son el sistema de información en la gestión de la energía, resultando en reducción de costos; o el despliegue de sensores en un proyecto de sistemas de riego más eficientes, que podrían consumir menos agua y energía.

13. Comparar soluciones para la evaluación de la sostenibilidad –basadas en indicadores–, con respecto al proceso y la complejidad de su uso.

14. Agricultura orgánica: respuestas a preguntas de sostenibilidad, junto con puntos críticos para los sectores agrícolas de las zonas económicas y agroecológicas locales, identificando umbrales para indicadores y sistemas de gestión con los parámetros políticos adecuados.

15. Evaluación de la sostenibilidad de la agricultura y el medio ambiente, de manera conjunta. En estos casos se implementa un sistema agroeconómico de manera jerárquica, para evaluar su sostenibilidad. Se definen tres niveles –denominados Porción, Finca y Paisaje– y dos aspectos, a saber: el ambiental –aire, suelo, agua, energía y biodiversidad– y la perspectiva económica –viabilidad–.

16. Certeza y precisión de los modelos de predicción y tipos de modelos de predicción. Y,

17. Agricultura de alta precisión, definida como «monitoreo y control electrónico aplicado a la recopilación, procesamiento y uso de datos para apoyar las decisiones sobre las asignaciones temporales y espaciales de los suministros para los cultivos».

Considerando estos 17 aspectos, se pueden destacar al menos cinco rasgos clave:

- La usabilidad, la complejidad de la solución, el uso del lenguaje y el cumplimiento del valor de uso esperado por parte de los desarrolladores y agricultores de la información generada por las soluciones son factores que se ponderan para la adopción o el rechazo de la solución. Es por tanto fundamental la confianza entre las partes.

- El *Big Data* tiene el potencial de impulsar la productividad y el desarrollo de una agricultura más inteligente, lo que permite aumentar la producción de forma respetuosa con el medio ambiente.

- En la mayoría de los casos se requiere alfabetizar tecnológicamente a los productores.

- Se requiere analizar desde el punto de vista de comportamiento e interacciones, la elaboración de modelos, que incluyan las experiencias y experticias de los productores en los *Green IS*.

• La definición de estos parámetros y el significado de los indicadores es influenciado por la región o la geografía, teniendo en cuenta que algunos parámetros no se pueden aplicar de manera uniforme para todas las regiones.

De manera que la comprensión e instauración de AGRO 4.0 requiere de modelos cognitivos asociados a describir a los procesos del agro como sistemas ciber-físicos (An *et al.*, 2017), por medio de gemelos digitales. Esto no es más que una representación virtual dinámica de un objeto o sistema físico, generalmente en múltiples etapas de su ciclo de vida, que utiliza datos del mundo real, simulación o modelos de aprendizaje automático combinados con análisis de datos para permitir la comprensión, aprendizaje y razonamiento.

Jouanjean (2019) afirma que esta transformación afecta a la agricultura y, en términos más generales, a las cadenas de valor agroalimentarias. Estas requieren cada vez más datos, en un mundo de mayor integración de las cadenas de mercado a través del valor global –las llamadas cadenas de valor global, CGV–. Así, para poder determinar de manera eficiente y eficaz un diagnóstico y una ruta de mejora en el agro basados en el paradigma de AGRO 4.0 usando la transformación digital pasa por describir y modelar en cada proceso, *i.e.*, el ciclo de vida del producto asociado a la cadena de valor de producción. Este describe y contiene el modelo global del proceso con el que se puede establecer un desarrollo desde la integración vertical y horizontal donde intervienen las 5 I: Interacción, Interrelación, Interconexión, Interoperabilidad e Interfaz. Permitiendo mostrar el impacto sobre la cadena de las mejoras locales en cada eslabón y su repercusión en los demás.

3. CONTEXTO VENEZOLANO HACIA AGRO 4.0

El concepto de cadena de valor desarrollado por Porter (1985) ha sido aplicado en la cadena de producción agrícola, uniendo productores y consumidores. En los últimos años ha variado la importancia de la eficiencia, para hacer énfasis en la resiliencia (Dong, 2021) como forma de adaptarse a las distintas condiciones de clima y del mercado. Los 7 indicadores descritos en la sección 2 deben ser aplicados a lo largo de la cadena de valor con el fin de lograr la sostenibilidad de las unidades productoras en el agro. Adicional a los problemas analizados en el ámbito mundial, la sostenibilidad de la producción en el campo venezolano se ve constreñida a distintos factores como son falta de insumos –en los primeros eslabones de la cadena–, falta de información del mercado en los eslabones finales y dificultades para la obtención de combustibles a lo largo de toda la cadena de valor; el estado de deterioro en que se encuentra la infraestructura y equipos, así como también las vías de comunicación (Gutiérrez, 2021; Quintero y Anido, 2021; RAV, 2022). Esto contrasta con lo que ocurre a nivel mundial, donde la incorporación de tecnologías a lo largo de las cadenas ha traído ingentes beneficios a los distintos eslabones, tanto para los productores como para los consumidores, bien sea público en general o proveniente de la agroindustria (Kuijpers y Swinnen, 2016).

Un ejemplo de estas carencias ocurre en el caso de los productores de hortalizas, cuya cadena de valor es la mostrada en la Figura N° 1. Analizando en detalle dicha cadena (Tabla N° 1) se observa que cada eslabón presenta distintos problemas y/o falencias,

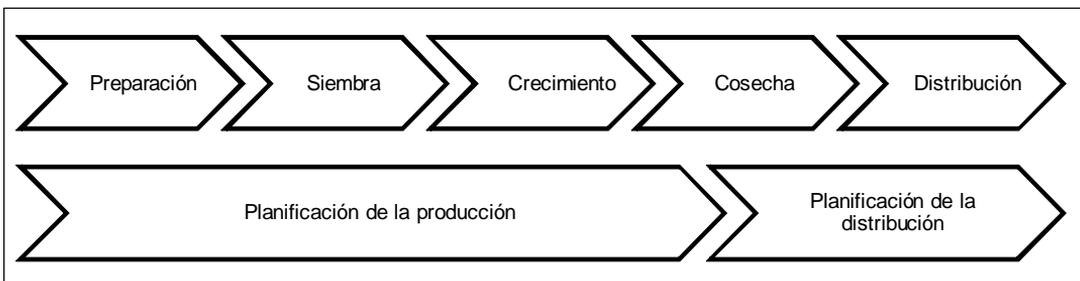


Figura 1. Cadena de valor agrícola. Fuente: elaboración propia

Tabla 1

Caracterización de los eslabones de la cadena de valor agrícola en Venezuela. Falencias y medios para disminuirlas

Eslabón / proceso	Problemas	Tecnologías y elementos de apoyo
Preparación	Pobre caracterización del tipo de terreno y de sus potencialidades y necesidades	Establecimiento de redes que permitan la adquisición de combustible
	Falta de combustible para la preparación del terreno	Recuperar información sobre variables climatológicas para establecer el mejor momento para la preparación Selección de tipo de siembra para cada sector de la granja (Agricultura de precisión, Analítica de datos, Computación en la nube, fuentes de datos meteorológicas, historial de cultivos)
Siembra	Falta de conocimiento en agricultura precisa	Establecimiento de mecanismos de cooperación para adquisición del combustible Monitoreo ambiental para establecer el mejor momento de la siembra
	Falta de combustible	Selección de tipo de siembra para cada sector de la granja
	Deterioro de la infraestructura y equipamiento agrícola	Manejo de los sistemas de riego Financiamiento agrícola
Crecimiento	Fallas en el monitoreo para establecer el crecimiento esperado de la planta, condición de humedad, momento de fertilización y limpieza	Tecnologías de monitoreo para establecer el crecimiento de la planta, detección de enfermedades, condición del terreno
		Monitoreo con drones, información satelital Analítica de datos, Inteligencia artificial Manejo de los sistemas de riego
Cosecha	Escasez de combustible	Establecimiento de mecanismos que aseguren el combustible
	Falta de personal	Introducción de tecnologías para la recolección del fruto
	Demanda del producto y precios Deterioro de la infraestructura y equipamiento agrícola	Información del mercado Negociación en internet Financiamiento agrícola
Distribución	Falta de información de los	Mercados abiertos
	Costos de transporte (Combustibles, peajes)	Optimización del traslado de los productos Información en la nube
	Deterioro de las vías de comunicación	Técnicas de negociación en internet Recuperación de las vías de comunicación

Fuente: elaboración propia

mismas que se podrían reducir mediante el uso de las tecnologías.

3.1. DIAGNÓSTICO GENERAL

El análisis avanzado de datos también tiene el poder disruptivo de remodelar toda la cadena de mercados dentro de la cadena de valor de la agricultura (Hrustek, 2020). En Deichmann, Aparajita y Deepak (2016) se destaca que la cadena de valor es bien manejada en el elemento final de la cadena, pero no los primeros; esto también se cumple en el agro venezolano. Esto ocurre debido a que en los últimos eslabones los productores usan la tecnología móvil para conectarse con agentes y comerciantes para estimar la demanda del mercado y el precio. De esta forma los agricultores pueden trabajar directamente con intermediarios más grandes, capturando una mayor parte del valor del producto, con lo que ampliar sus redes y establecer contactos directamente con otros compradores. En los primeros eslabones las principales preocupaciones planteadas se relacionan con la propiedad de los datos agrícolas y problemas de privacidad, el poder de mercado de los principales proveedores de tecnología agrícola y la distribución desigual de beneficios derivados de la digitalización.

Así, la optimización de la producción implica un manejo total de la cadena, pues los resultados del inicio van a influir en los valores esperados al final de la misma. Por tanto, se hace necesario introducir elementos de AGRO 4.0 en los primeros eslabones de la cadena y completar los últimos eslabones utilizando técnicas que permitan negociaciones transparentes y al alcance de todos. En cuanto a la cadena de valor en sí, se hace necesario incorporar los conceptos de economía circular con sus paradigmas y en línea con los del AGRO 4.0. Así, dado que los procesos agroproductivos se erigen como los más demandantes de agua en el mundo, se podría comenzar con el reúso del agua en los diferentes procesos involucrados.

Adicionalmente a los problemas en los diferentes puntos y/o eslabones de la cadena, la optimización debe ser global, con el fin de contar con pronósticos certeros sobre demanda futura y comercialización del producto, con pronósticos climáticos para

establecer tipos de cultivo, fechas de siembra, solicitud de insumos con el fin de eliminar al máximo los desperdicios y asegurar el mejor crecimiento de las plantas –entre otros–. A ellos se suma otro elemento esencial para los productores, que es alcanzar/implementarlos medios que aseguren la distribución del producto con el menor costo posible. Para ello es necesario establecer mecanismos de cooperación que garanticen un transporte compartido de los distintos productos disminuyendo el costo de los mismos.

Así, las tecnologías de información y comunicaciones (TIC) aparecen jugando un rol preponderante en la solución de estos problemas y en el establecimiento de los mecanismos de cooperación a lo largo de la cadena de valor. El problema es que no hay una capacitación de los usuarios para el manejo de estas tecnologías, lo que conlleva la necesidad de desarrollos amigables que faciliten el uso de dicha tecnología y que permitan la captura de información desde el campo –*e.g.*, la relacionada con humedad, crecimiento de las plantas, condición del rebaño– y su transferencia de manera automática a la nube, para su procesamiento.

3.1.1. DESARROLLO DE APLICACIONES DISTRIBUIDAS (NUBE-COMPUTACIÓN LOCAL-SISTEMAS FINALES) ORIENTADAS AL AGRO

Para la construcción de sistemas inteligentes Albus (1991) propuso un esquema que permite–al sistema de toma de decisiones– controlar el sistema físico, denominado ambiente, utilizando el conocimiento que tiene dicho sistema del ambiente. Este conocimiento está reflejado como el «modelo del mundo». A partir de medidas realizadas se establece un estado, comparando los valores de las variables medidas respecto a lo predicho y se determina el estado del sistema, actualizando el modelo del mundo. En esa condición se definen las decisiones a tomar, se generan las predicciones y se ejecutan las acciones sobre el ambiente.

An *et al.* (2017) indican cuáles son las dificultades enfrentadas cuando se trata de tener mediciones sobre el crecimiento de las plantas, frente a lo que ocurre en casos de valores de temperatura o humedad, donde el

desarrollo de sensores es bastante común y que pueden ser instalados en el sitio o sobre dispositivos móviles. Para el crecimiento de plantas es necesario utilizar modelos de crecimiento que den un estimado de la necesidad de irrigación o fertilizantes en cada momento. En este sentido, modelos como AQUACROP (Steduto, Hsiao, Fereres y Raes, 2012) parecen ser adecuados para esta estimar rendimientos de cultivos. En general, estos modelos combinan datos del suelo y condiciones climáticas para producir dichos estimados.

Es importante destacar que los modelos deben estar en la nube o en computadores locales, para poder así ejecutar las funciones solicitadas al sistema inteligente. Los modelos de crecimiento para cada tipo de cultivo deben ser parametrizados para cada sector del terreno de cada unidad de producción (Figura N° 2). Adicionalmente, para obtener mejores resultados, en el caso de cultivos de interés,

deben ser calibrados, bajo condiciones de clima y suelos, locales o regionales.

3.1.2. NECESIDAD DE FORMACIÓN EN EL USO DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN

En el caso específico de la región andina venezolana se han realizado distintas encuestas para conocer los problemas más sentidos por los productores. A partir de los mismos se constató que existe una claridad sobre sus necesidades y limitaciones, tanto en términos de la falta de asesoría y de personal técnico en los distintos eslabones de la cadena, como el desconocimiento de las posibilidades y tecnologías que permitan paliar o superar esas carencias. Por esta razón es menester establecer mecanismos que aseguren el acceso a la información y la tecnología necesarias para mantener y actualizar los sistemas inteligentes y que estos sean fácilmente utilizables por los distintos usuarios del sistema. Pero también se requiere establecer los mecanismos que



Figura 2. Diagrama de un sistema inteligente. Fuente: modificado a partir de Albus (1991)

aseguren la privacidad y seguridad de la información.

Frente a esta realidad, una de las formas en que se puede lograr esta adaptación de los productores a la tecnología que se incorpore es a través de las organizaciones o gremios que los agrupan, ya sea mediante el entrenamiento de personal que pueda estar a disposición de los productores para capacitarlos, o bien para brindarles asesoría cada vez que lo requieran. De esta manera los productores contarán con un apoyo *in situ* ante cualquier eventualidad.

3.1.3. LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN LA PRODUCCIÓN

AGRO 4.0 es capaz de abordar la gestión integrada del recurso hídrico (GIRH) comenzando en etapas tempranas con la oferta, la demanda de agua bajo el concepto del nexo agua-energía-alimentación (Naranjo y Willaarts, 2020), proporcionando los indicadores SMART y viabilizando los procesos requeridos para asegurar una gestión eficaz del recurso hídrico. Así bien, AGRO 4.0 podrá actuar en primeras etapas, en cuanto a:

- *La gestión de la oferta de agua:* Venezuela es un país rico en recurso agua. Lamentablemente este se distribuye de manera muy desigual en todo el territorio nacional, puesto que en el norte del país—donde se centra más del 70% de la población y de las actividades productivas— el recurso es escaso, lo que implica una enorme presión o estrés sobre el recurso (ODS 6.4.2). Es evidente que la digitalización de la información tiene un impacto directo sobre la estimación eficaz de la oferta del sector, debido a que la gestión en tiempo real de redes de monitoreo de variables hidroclimáticas y alerta temprana sobre sequías e inundaciones podría ayudar a los productores del país a mejorar la gestión de la producción y de sus sistemas productivos a escala regional y local. La medición y gestión de variables básicas se puede considerar como una estrategia «sin arrepentimiento», tipificada como estrategia idónea para la adaptación al cambio y la variabilidad climática, originalmente propuesta por Hallegatte (2009) y discutida ampliamente por Mora, Liñayo y Nalesso (2020). Se puede afirmar entonces que el

paradigma AGRO 4.0 contempla una serie de estrategias «sin arrepentimiento», lo cual lo hace idóneo para la adaptación al cambio y la variabilidad climática

- *La gestión de la demanda:* según AQUASTAT (FAO, 1999), las extracciones en el sector agrícola para Venezuela durante el periodo 2018-2022 se estiman en $16,711 \times 10^9$ m³/año, de las cuales el sector agrícola representa 73,85 % de las extracciones totales anuales. Esto evidencia que dentro de los grandes retos que se le presentan al sector agropecuario se encuentran, entre otros, el uso eficiente del agua ODS 6.4.1. Por otro lado, se estima que el uso de tecnologías digitales pudiera disminuir en un 20% el consumo de agua en el sector (Gestión Perú, 2021), lo que implica que potencialmente se disminuye la presión sobre el recurso en un 15%. Esto a su vez representa una cifra significativa en la reducción de estrés hídrico (ODS 6.4.2), sobre todo, en la zona norte del país. Y,

- *La gestión integrada de la oferta y la demanda:* para que la gestión integrada se materialice en una propuesta eficaz y se logre un equilibrio entre recarga y explotación, es necesario generar instrumentos que considerando los elementos del nexo puedan incentivar a los actores a enterarse y gestionar en función a las variables básicas que le ayudan a la toma de decisiones oportunas y al consecuente empoderamiento del proceso de gestión de los sistemas involucrados. Debido a la escasez del recurso, el agua subterránea es muy apreciada en la zona norte del país. Sin embargo, lamentablemente los acuíferos en esta región han sido sometidos a una intensa sobreexplotación, generándose problemas severos por intrusión de cuñas salinas o de mala calidad —como es el caso de los acuíferos de Maracaibo, Coro, del Lago de Valencia y del Valle de Quíbor—. En el caso del acuífero de Quíbor se han producido herramientas digitales de utilidad práctica como ACUIQUIBOR (Mora, Jégat y García, 2014), que han proporcionado a los actores variables fundamentales de gestión, tales como niveles, gastos de explotación, pH del agua, conductividad eléctrica, espesores saturados, entre otras, que han ayudado a mejorar la gestión del acuífero.

4. OPORTUNIDADES, RETOS Y PROPUESTAS

4.1. LA NECESIDAD DE ESTABLECER ESTRUCTURAS SOCIALES DE NEGOCIACIÓN Y COOPERACIÓN PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD

La organización de los productores es clave para que estos actores puedan sacar el máximo provecho posible de su actividad. En Venezuela han existido experiencias exitosas, tales como la Asociación de Productores de Semilla Certificada de los Llanos Occidentales (APROSCHELLO), la Asociación de Productores Rurales del estado Portuguesa (Asoportuguesa) –ambas con predominancia en la Región de Los Llanos–; o en el caso de Los Andes, organizaciones como la unión de productores lácteos adscritos a la Asociación de Ganaderos de la Zona Alta de Mérida (AGZAM), por mencionar algunas. Estas organizaciones permiten unir las fortalezas del sector y pueden interactuar como un solo cuerpo con la comunidad, el sector bancario y de intermediación crediticia, el Estado, las universidades y otras organizaciones de investigación/extensión, las casas comerciales, la agroindustria y los mercados, hacia donde se dirigirá finalmente la producción.

Las organizaciones de productores pueden incluso ser receptores de toda la producción de sus agremiados y en algunos casos brindar, con el uso de la tecnología, valor agregado post cosecha –*e.g.*, como clasificado, envasado o empaquetado– para obtener mejores precios. Estas organizaciones deben ser indisolublemente propiedad de los mismos productores, de acuerdo con el grado de participación en ella y manejarse con visión gerencial y de mercado para asegurar el logro de su objetivo.

4.2. UNA ARQUITECTURA DE BAJO COSTO CUMPLIENDO CON LOS CRITERIOS MÍNIMOS DE AGRO 4.0

El establecimiento de una arquitectura tecnológica que permita la implantación de la visión de AGRO 4.0 solo es factible si el costo de implantación es relativamente bajo y si la tecnología es amigable para los usuarios del campo. En la Figura Nº 3 se plantea un esquema genérico de la arquitectura tecnológica global.

La división de las aplicaciones se da de la siguiente manera:

- En la **nube** están los modelos generales y que son parametrizables para cada sector/ segmento de las unidades de producción agrícola. Comprende: i) el catastro de unidades, con la información relativa a características del terreno, composición del suelo; ii) cadenas de valor, lo que permite establecer los enlaces entre los distintos participantes en la cadena: proveedores de insumos, proveedores de servicios de transporte, productores, clientes y expectativas de demanda; iii) información climatológica en dos niveles: la provista por servicios externos y la provista mediante sensores en el suelo y en los dispositivos personales; iv) servicios básicos de gestión financiera; v) sistemas de negociación entre los participantes en la cadena de valor

- **Sistema local:** aplicaciones desarrolladas para cada productor que posea equipos de computación y conectividad a internet, que le permitan realizar introducción de datos y tomar decisiones. Estas aplicaciones se conectan con la información en la nube. En este caso, dispositivos de captura de información como los drones almacenan información fotográfica de cultivos y rebaños, para ser procesada y colocada en la nube.

- **Computación en el borde (*edge computing*):** dos tipos de sistemas están en el borde. Uno corresponde a la distribución de sensores en el piso, que recolectan principalmente información climatológica; el otro lo conforman los dispositivos que transmiten esa información al usuario. En conjunto, comprende: i) red de sensores de captura de información climatológica. Esta información es subida a la nube y es completa la información proveniente de servicios de información mundial; ii) información fotográfica geo-referenciada de cultivos y rebaños que se transmite a la nube para ser analizada por sistemas de analítica de datos para detección de crecimiento, enfermedades, entre otros fines. Dicha información puede ser capturada mediante drones/teléfonos inteligentes u otros dispositivos; y, iii) dispositivos basados en teléfonos inteligentes para la interacción con el usuario final.

La arquitectura usa la tecnología de comunicaciones disponible en la zona.

seguridad de productores y/o de las explotaciones.

4.3. LA ORGANIZACIÓN NECESARIA

La puesta en práctica de estos modelos de arquitectura tecnológica requiere también la consecución de algunas premisas organizativas. Una de ellas es que las organizaciones sin fines de lucro y las asociaciones de productores, al distribuir los costos, dan viabilidad a la introducción de AGRO 4.0 en regiones deprimidas; especialmente, en regiones donde los recursos hídricos son compartidos. Para ello, por ejemplo, modelos como el de movimientos de aguas en los reservorios subterráneos permiten establecer programas de riego para evitar problemas en la recarga del reservorio –sobreexplotación–. Por último, un aspecto fundamental es que la información en la nube debe ser protegida al acceso no autorizado, que pueda poner en riesgo la

5. CONCLUSIONES

Tanto la agricultura como la agroindustria han sido dos de los eslabones/actividades en los que se han registrado ingentes avances, gracias a la utilización de las tecnologías de información y comunicación y de los procesos de digitalización. Por su parte, la incorporación de la tecnología al sector agrícola venezolano con el fin de mejorar su gestión constituye un verdadero desafío para todas las partes involucradas, dadas las condiciones actuales del país y del sector. Sin embargo, asumiendo el conjunto de restricciones y estableciendo un modelo de negocio particular en cada sector o actividad en las distintas cadenas agroalimentarias es posible incorporar los criterios de Agro 4.0 y de la agricultura de precisión, con mínima

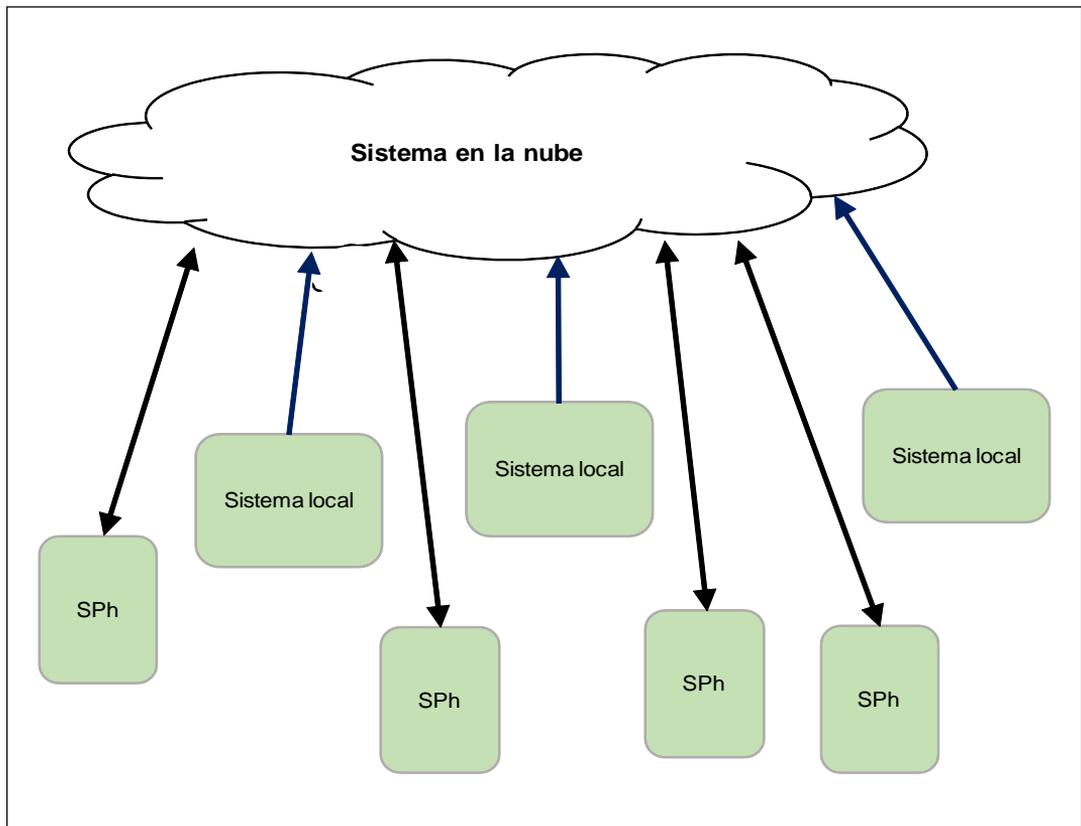


Figura 3. Arquitectura de componentes físicos. Fuente: elaboración propia

tecnología y bajo costo, que pueda traducirse en verdadero provecho para los productores.

En la transición hacia este tipo de modelos tecnológicos la confianza en el manejo ético y eficiente de la información es imperativa para que esta última sea de calidad y sirva para la toma de decisiones. Por tanto, la implementación de la tecnología de manera exitosa solo es posible si se dispone de información confiable. Por su parte, la organización de los productores es clave para obtener los mejores resultados de la incorporación de la tecnología al proceso productivo. Estas organizaciones sirven como puente negociador entre los productores y los restantes sectores y/o eslabones, al tiempo que brindan apoyo a los productores para el empleo eficaz de la tecnología incorporada en el sector.

En esta etapa la alfabetización tecnológica del productor puede adquirirse mediante entrenamiento realizado por los mismos oferentes de forma directa al productor, o bien por la organización o gremio que los agrupa; incluso puede ser asistida por las nuevas generaciones de productores que frecuentemente se encuentran en las familias que se ocupan del sector agroalimentario.

No obstante, el uso de la tecnología en el sector agroalimentario exige disponer concomitantemente de servicios públicos tales como agua y electricidad, así como también infraestructura, combustibles y conexión a internet de calidad. Actualmente en Venezuela estos presentan severas fallas, limitaciones e intermitencia en su oferta y/o prestación por parte de los responsables. Adicionalmente, cuando la tecnología adquirida va a servir a múltiples usuarios, lo ideal es que la misma este bajo la responsabilidad de uno solo o de la organización que los agrupa, siempre en búsqueda del fin que llevó a adquirirla.

REFERENCIAS

- Albus, J. S. (1991). Outline for a theory of intelligence. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, 21(3), 473-509. <https://www.doi.org/10.1109/21.97471>
- Alves, R. G., Souza, G., Maia, R. F., Tran, A. L. H., Kamienski, C., Soininen, J. P.,...Lima, F. (Octubre de 2019). A digital twin for smart farming. [*Anales del*] 9th Annual IEEE Global Humanitarian Technology Conference, GHTC 2019 (pp. 1-4). Seattle, EE.UU.: IEEE. Recuperado de <https://cris.vtt.fi/en/publications/a-digital-twin-for-smart-farming>
- An, W., Wu, D., Ci, S., Luo, H., Adamchuk, V., y Xu, Z. (2017). Agriculture cyber-physical systems. En H. Song, D. B. Rawat, S. Jeschke y C. Brecher (Eds.), *Cyber-physical systems* (pp. 399-417). Cambridge, EE.UU.: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803801-7.00025-0>
- Autio, E. (2017). *Digitalisation, ecosystems, entrepreneurship and policy*. Helsinki, Finlandia: Ministerio de Asuntos Económicos y Empleo, Policy Brief 20/2017. Recuperado de <https://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=23202>
- Barrett, H., y Rose, D. C. (2020). Perceptions of the fourth agricultural revolution: What's in, what's out, and what consequences are anticipated? *Sociologia Ruralis*, 62(2), 162-189. <https://doi.org/10.1111/soru.12324>
- Contractor, F. J. (2022). The world economy will need even more globalization in the post-pandemic 2021 decade. *Journal of International Business Studies*, 53(1), 156-172. <https://doi.org/10.1057/s41267-020-00394-y>
- Da Fonseca, P. R. E., Caldeira, E., Filho, H. S. R., Barbosa e Oliveira, L., Pereira, A. C. M., y Vilela, P. S. (2019). *Agro 4.0: A green information system for sustainable agroecosystem management*. Nueva York, EE.UU.: arXiv e-prints. Recuperado de https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2019arXiv190707762P/EPRINT_PDF

- Da Fonseca, P. R. E., Caldeira, E, Filho, H. S. R., Barbosa e Oliveira, L., Pereira, A. C. M., y Vilela, P. S. (2020). Agro 4.0: A data science-based information system for sustainable agroecosystem management. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 102, 102068. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2020.102068>
- Deichmann, U., Aparajita, G., y Deepak, M. (2016). (2016). Will digital technologies transform agriculture in developing countries? *Agricultural Economics*, 47(S1), 21-33. <https://doi.org/10.1111/agec.12300>
- Dong, L. (2021). Toward Resilient Agriculture Value Chains: Challenges and Opportunities. *Production and Operations Management*, 30, 666-675. <https://doi.org/10.1111/poms.13308>
- European Commission. (2008). *Emas – factsheet*. Bruselas, Bélgica: European Commission. Recuperado de http://www.emas.de/fileadmin/user_upload/04_ueberemas/PDF-Dateien/Unterschiede_iso_en.pdf
- European Commission. (2016). *Emas and biodiversity*. Bruselas, Bélgica: European Commission. Recuperado de https://ec.europa.eu/environment/emas/pdf/other/EMAS_Biodiversity_Guidelines_2016.pdf.
- European Commission. (2018). *Emas, a premium environmental management tool for organisations*. Bruselas, Bélgica: European Commission. Recuperado de https://ec.europa.eu/environment/emas/pdf/other/EMAS%20presentation%20for%20organisations_2018.pdf
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1999). *AQUASTAT. FAO's Information System on Water and Agriculture*. Roma, Italia: FAO. Recuperado de <https://www.fao.org/aquastat/statistics/query/results.html>
- Gestión Perú. (15 de agosto de 2021). Tecnologías en la agroindustria optimizan hasta en 20% recursos hídricos y consumos energéticos. *Gestión Perú* [edición digital]. Recuperado de <https://gestion.pe/tecnologia/tecnologias-en-la-agroindustria-optimizan-hasta-en-20-recursos-hidricos-insumos-agricolas-y-consumos-energeticos-noticia/?ref=gesr>
- Gutiérrez S., A. (2021). Venezuela, la crisis y la seguridad alimentaria: hacia una nueva estrategia. *Agroalimentaria*, 26(51), 77-116. <https://doi.org/10.53766/Agroalim/2021.26.51.06>
- Hallegatte, S. (2009). Strategies to adapt to an uncertain climate change. *Global Environmental Change*, 19(2) 240-247. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.12.003>
- Hrustek, L. (2020). Sustainability driven by agriculture through digital transformation. *Sustainability*, 12(20), 8596. <https://doi.org/10.3390/su12208596>
- Jouanjean, M. (2019). Digital opportunities for trade in the agriculture and food sectors. *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers*, No. 122, Paris, Francia: OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/91c40e07-en>
- Klerkx, L., y Rose, D. (2020). Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways? *Global Food Security*, 24, 100347. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100347>
- Kosior, K. (2018). Digital transformation in the agri-food sector—opportunities and challenges. (*Annals*), *Roczniki Naukowe SERIA, XX(2)*, 98-104. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.293647>
- Kuijpers, R., y Swinnen, J. (2016). Value chains and technology transfer to agriculture in developing and emerging economies. *American Journal of Agricultural Economics*, 98(5), 1403-1418. <https://doi.org/10.1093/ajae/aaw069>
- Martens, K., y Zscheischler, J. (2022). The digital transformation of the agricultural value chain: Discourses on opportunities, challenges and controversial perspectives on governance approaches. *Sustainability*, 14(7), 3905. <https://doi.org/10.3390/su14073905>
- Monroe, B. (2017). The five Vs of Big Data Political science introduction to the virtual issue on big data in political science political analysis. *Political Analysis*, 27(V5), 1-9. <https://doi.org/10.1017/S1047198700014315>

- Mora, L., Jéogat, H., y García, M. (2014). ACUIQUIBOR V.1 Una herramienta de apoyo a la gestión del Acuífero del Valle de Quíbor, Venezuela. [Anales del] *ALSUD XXII Congreso Latinoamericano de Hidráulica*, Santiago, Chile.
- Mora, L., Liñayo, A., y Nalesso, M. (2020). *Riesgo climático y definición de estrategias financieras para su mitigación en el sector agua y saneamiento en ALC. Agua y Saneamiento: Visión general de los sistemas de suministro ante el cambio climático*. Washington, EE.UU.: BID-IDB.
- O'Grady, M. J., y O'Hare, G. M. (2017). Modelling the smart farm. *Information Processing in Agriculture*, 4(3), 179-187. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.05.001>
- Ortiz C., F. (1995). La sociedad de la información. En J. Linares, y F. Ortiz Chaparro (Eds.), *Autopistas inteligentes*. Madrid, España: Fundesco.
- Pérez González, D., Solana-González, P., & Trigueros Preciado, S. (2018). Economía del dato y transformación digital en pymes industriales: Retos y oportunidades. *Economía Industrial*, (409), 37-45. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6650445&orden=0&info=link>
- Potts, A. (Ed.). (2021). *Libro verde del patrimonio cultural europeo*. La Haya, Países Bajos y Bruselas, Bélgica: Europa Nostra. Recuperado de <https://institute.eib.org/wp-content/uploads/2021/12/2021-European-Cultural-Heritage-Green-Paper-ES.pdf>
- Porter, M. (1985). *Competitive advantage: Creating and sustaining a superior performance*. Nueva York, EE.UU.: The Free Press.
- Pylidianis, C., Osinga, S., y Athanasiadis, I. N. (2021). Introducing digital twins to agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 184, 105942. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105942>
- Quintero, A. A., y Anido R., J. D. (2021). La alimentación como derecho humano y sus vínculos con las políticas económicas en Venezuela: de la I república al Socialismo del siglo XXI. *Agroalimentaria*, 26(51), 137-192. <https://doi.org/10.53766/Agroalim/2021.26.51.08>
- RAV. Red Agroalimentaria de Venezuela. (2022). *Sistema de Información Agroalimentaria Regional*. Caracas, Venezuela: Red Agroalimentaria de Venezuela.
- Rijswijk, K., Bulten, W., Klerkx, L., den Dulk, L., Dessen, J., y Debruyne, L. (Septiembre de 2020). *Digital transformation: Ongoing digitisation and digitalisation processes*. Wageningen, Países Bajos: Wageningen University Research-EU research Project. Recuperado de <https://depot.wur.nl/544951>
- Rijswijk, K., Klerkx, L., Bacco, M., Bartolini, F., Bulten, E., Debruyne, L.,...Brunori, G. (2021). Digital transformation of agriculture and rural areas: A socio-cyber-physical system framework to support responsabilisation. *Journal of Rural Studies*, 85, 79-90. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.05.003>
- Rose, D. C., y Chilvers, J. (2018). Agriculture 4.0: broadening responsible innovation in an era of smart farming. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2(87). <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00087>
- Sotomayor, O., Ramírez, E., y Martínez, H. (Coords.). (2021). *Digitalización y cambio tecnológico en las mipymes agrícolas y agroindustriales en América Latina*, Santiago, Chile: CEPAL-FAO, Documentos de Proyectos LC/TS.2021/65.
- Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E., y Raes, D. (2012). *Land and water. Crop yield response to water*. Roma, Italia: FAO, FAO Irrigation and Drainage Paper N° 66. Recuperado de <https://www.fao.org/3/i2800e/i2800e.pdf>
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69-80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>
- Yoon, C., Huh, M., Kang, S. G., Park, J., y Lee, C. (2018, February). Implement smart farm with IoT technology. In *2018 20th International Conference on advanced communication technology (ICACT)* (pp. 749-752). IEEE.