

Plataformas tecnologicas en la Agricultura 4.0: Una mirada al desarrollo en Colombia

Technological platforms in agriculture 4.0: An overview of the development in Colombia

DOI: <http://dx.doi.org/10.17981/cesta.03.01.2022.02>

Artículo de investigación científica. Fecha de recepción: 02/12/2021 Fecha de aceptación: 29/01/2022

Adelaida Ojeda-Beltrán 
Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia)
adelaidaojeda@mail.uniatlantico.edu.co

How to cite this article:

A. Ojeda-Beltrán, “Plataformas tecnologicas en la Agricultura 4.0: Una mirada al desarrollo en Colombia”, *J. Comput. Electron. Sci.: Theory Appl.*, vol. 3, no. 1, pp. 9–18, 2022. <https://doi.org/10.17981/cesta.03.01.2022.02>

Resumen

Introducción— Las Plataformas Tecnológicas-PT son una de las herramientas más trascendentales para incrementar la competitividad de las industrias y, por ende, de un país, al generar innovación y la transferencia de tecnologías y generación de nuevos conocimientos.

Objetivos— La presente revisión tiene como propósito identificar las principales características de las plataformas tecnológicas, relacionadas con la Agricultura que han sido desarrolladas en Colombia.

Metodología— En una primera fase el estudio analiza el marco conceptual de agricultura 4.0 y en una segunda fase se identifican las características, prácticas y aspectos relevantes de 3 PT, en las áreas de geo-informática, la variabilidad climática y desarrollo agrícola puestas a disposición, por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. Esta investigación es abordada desde el método inductivo dado que este razonamiento es de gran utilidad, al establecer un vínculo de unión entre teoría y observación.

Resultados— Una primera etapa se desarrolló mediante el enfoque exploratorio-descriptivo y en una fase final se presenta la construcción de las características de cada una de las PT desarrolladas para el uso en la agricultura.

Conclusiones— Los procesos de investigación y de análisis da como resultado el establecimiento de los principales beneficios y retos de las PT para impulsar la agricultura.

Palabras clave— Agricultura 4.0; plataformas tecnológicas; competitividad

Abstract

Introduction— Technological Platforms-TP constitute one of the most important tools to increase the competitiveness of industries and, therefore, of a country, by promoting innovation and technology transfer and the generation of new knowledge.

Objective— The purpose of this study is to identify the main characteristics of the technological platforms related to Agriculture that have been developed in Colombia.

Methodology— In a first phase the study analyzes the conceptual framework of agriculture 4.0 and in a second phase the characteristics, practices, and relevant aspects of 3 TP are identified, in the areas of geo-informatics, climate change and climate variability made available for the agricultural sector, by the Colombian Agricultural Research Corporation-AGROSAVIA. This research is approached from the inductive method since this reasoning is very useful, by establishing a link between theory and observation.

Results— A first stage was developed through the exploratory-descriptive approach, in a final phase the construction of the characteristics of each of the PTs developed for use in agriculture by AGROSAVIA is presented as cases.

Conclusions— The research and analysis processes result in the establishment of the main benefits and challenges of the PTs both to promote agriculture.

Keywords— Agriculture 4.0; technological platforms; competitiveness



I. INTRODUCCIÓN

En estos últimos años América Latina y el Caribe, han tenido gran crecimiento en el sector de la agricultura y la alimentación, gracias a la adopción de nuevas tecnologías, lo cual ha propiciado innovaciones y transformaciones que se extienden en la región [1]. Las revoluciones han dado paso a avances significativos, en cuanto a la eficiencia, el rendimiento y la rentabilidad del sector agrícola a niveles antes inalcanzables y se prevé para el próximo decenio una “revolución agrícola digital” la cual deberá satisfacer las necesidades de la población mundial en el futuro [2].

La adopción de tecnologías digitales en los sistemas de producción agrícola favorecen el desarrollo de la agricultura, mediante la cadena digital, y las cadenas alimentarias, en los procesos de búsqueda y provisión de información, investigación, desarrollo e innovación y transferencia de tecnología [3]. Todo esto da paso a nuevas tecnologías como lo son: Internet de las Cosas, Agrobots, Análisis de la data, Drones, Cloud computing, Sensores, Inteligencia artificial y Blockchain. La interacción de estas tecnologías tiene el potencial de mejorar el rendimiento y la sostenibilidad de los cultivos, mejorar la calidad de la producción, propiciando condiciones idóneas para el trabajo agrícola.

La innovación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones-TIC y su relación con la producción agrícola está promoviendo la transformación digital de la agricultura [4], y es que las TIC han sido reconocidas como cruciales en el desarrollo de una agricultura inteligente y sostenible. Los retos actuales de la producción agrícola dependen en gran medida del uso de soluciones basadas en las TIC [5]. Mediante la recopilación y el intercambio oportuno de información precisa sobre clima, insumos, mercados y precios; aportando información a la investigación e iniciativas de desarrollo; difundiendo conocimientos a los agricultores; conectando productores y consumidores, y a través de muchas otras vías. Por ejemplo, las innovaciones digitales en las tecnologías de mecanización pueden hacer que la agricultura sea más atractiva para los jóvenes de las zonas rurales, especialmente en los países como Colombia [6]. En consecuencia, todos los aspectos de la agricultura que puedan automatizarse, planificarse y gestionarse digitalmente se beneficiarán de las tecnologías [7].

El propósito de la digitalización de la agricultura es lograr un aumento considerable de la eficiencia y sostenibilidad de su funcionamiento debido a cambios fundamentales en la calidad de la gestión, así como en procesos tecnológicos y de toma de decisiones en los distintos niveles jerárquicos, basados en métodos de producción y uso posterior de información sobre el estado de los elementos controlados y subsistemas, así como el estado del entorno económico de la agricultura [8].

II. TRABAJOS RELACIONADOS

En esta sección se muestran algunos trabajos que están directamente relacionados con el desarrollo de plataformas Web y móvil en el área de la agricultura. Entre estos se encuentra el desarrollo de aplicaciones como *Cafeon*, una App móvil basada en aprendizaje profundo para la clasificación de la calidad de los granos de café [9].

Agribot es otro sistema que proporciona a los agricultores un asistente de agricultura interactivo virtual práctico y portátil que puede comunicarse con los agricultores. La aplicación fue diseñada para ser extremadamente específica para los agricultores. Agribot, no solo ayuda a los agricultores a obtener las mejores recomendaciones de cultivos, también los ayuda a nutrir mejor sus cultivos, almacenar para aumentar su vida útil y ayudarlos a encontrar las mejores tarifas para comercializar sus cultivos en los mercados cercanos [10].

IJCropSeed es una herramienta de acceso libre, código abierto y fácil de usar para el análisis de alto rendimiento de imágenes radiográficas de semillas de varios cultivos agrícolas [11].

AgroDSS es un sistema destinado a integrarse en los sistemas de información de gestión agrícola existentes y proporciona una caja de herramientas de apoyo a la toma de decisiones basada en la nube, que permite a los agricultores cargar sus propios datos, utilizar varios métodos de análisis de datos y recuperar sus resultados. Las herramientas implementadas incluyen modelado predictivo con explicación, evaluación de precisión, agrupación y descomposición de series de tiempo y detección de cambios estructurales. Pueden ayudar a los usuarios a realizar predicciones para escenarios simulados y comprender mejor las dependencias [12].

Amase, un sistema de apoyo visual que permite a los expertos en el dominio comprender, diagnosticar y comparar diagnosticar y seleccionar modelos de predicción que funcionan mejor, principalmente al enriquecer las explicaciones agnósticas del modelo con conocimiento del dominio [13].

III. MATERIALES Y METODOS

Una primera fase se desarrolló mediante el enfoque exploratorio-descriptivo, para un acercamiento preliminar al tema. Esta etapa exploratoria se orientó a una búsqueda típica de información basada en fuentes secundarias, tomando como fecha inicio 2017 hasta 2021, inclusive, relacionada con el marco conceptual de agricultura 4.0, empleando como palabras claves, no exclusivas, tanto en español (ES) como en inglés (Ig “agricultura 4.0”, “aplicaciones (ES)/aplicativos (PT)”. Se tomó como fuentes de información la base de datos Scopus, IEEE y Web of science para la elaboración del acercamiento conceptual y portales Web de entes gubernamentales para conocer la realidad local.

Por otra parte, se presenta la construcción de las principales características de las iniciativas de la PT desarrolladas para el uso en la agricultura por Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA, la cual fue posible a través de la observación en las plataformas web desarrolladas corroborando las dinámicas del uso de las plataformas y los tipos de servicios ofrecidos, prescindiendo de cualquier información personal o confidencial. A partir de este entendimiento, se seleccionaron las iniciativas que se ajustaban a los criterios de investigación (Plataformas tecnológicas digitales para uso en la agricultura) dentro de este grupo según las descripciones detalladas en el repositorio digital se logró identificar tres PT que cumplieran con los criterios de búsqueda seleccionándolas como unidades de estudio. Luego de la definición de las unidades de estudio, se realizó una descripción de las tres PT consideradas como unidades con la finalidad de establecer sus ventajas, limitaciones y retos.

IV. CONTRIBUCIONES Y RESULTADOS

A. Agricultura 4.0

La agricultura 4.0 se origina de la conceptualización del paradigma de la Industria 4.0, en consecuencia, se pueden formular hipótesis sobre las revoluciones en la agricultura, que han ido de la mano con las innovaciones en el sector industrial [14]. Este concepto toma muchos nombres, también llamada Agricultura Digital o Smart Farming, fue diseñada principalmente para tratar con el aumento de la productividad, la asignación de recursos (tierra, agua, energía), adaptar la cadena de suministro a los cambios climáticos y evitar el desperdicio de alimentos [15]. La Agricultura 4.0 une los conceptos de Agricultura de Precisión-AP y Agricultura Climáticamente Inteligente-CSA, con un fuerte enfoque en las tecnologías digitales como herramientas para realizarlos [16]. Aunque muchos autores presentan la AP y la A 4.0 con el mismo significado, el concepto de A 4.0 surgió del concepto de industria 4.0 en 2011 y tiene mayor amplitud [17].

El término agricultura 4.0 es adoptado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación-FAO [6], definiéndolo como la agricultura que integra una serie de innovaciones para producir productos agrícolas. Estas innovaciones engloban agricultura de precisión, IoT y big data para lograr una mayor eficiencia de producción. En una definición más amplia, ciertos autores [16] afirman que, la Agricultura 4.0 contempla toda la cadena de valor, desde el agricultor a la distribución, conectado a través de Internet para coordinar y compartir información, sin dejar de lado, la experiencia del consumidor.

La agricultura 4.0 representa la última revolución en el sector agroalimentario. Trabajos realizados en Italia [18] señalan la existencia de una relación con cuestiones de sostenibilidad lo cual confirma el papel estratégico del paradigma de la Agricultura 4.0 el cual permitiría a las empresas agroalimentarias desarrollar productos agrícolas sostenibles orientadas a resolver desafíos ambientales, sociales y económicos mediante una cultura de datos y tecnología. Asimismo, comprende el uso generalizado de sensores para monitorizar el suelo, los cultivos, el clima, la ubicación y el estado de la maquinaria; recogida de información de mercado (costes, precios proveedores y consumidores) y transmisión de datos [19]. De esta forma, la agricultura del futuro empleará tecnologías disruptivas, lo que permitirá a las empresas ser eficientes, alcanzar niveles de rentabilidad y especialmente, adoptar un compromiso con el medio ambiente [20].

En relación a los objetivos de la agricultura 4.0 se encuentra: optimizar las tareas agrícolas mediante la reducción de insumos (agua, fertilización plaguicidas) y aumentar la productividad, asignar los recursos de manera razonable, adaptarse al cambio climático y reducir la pérdida y el desperdicio de alimentos [21]. Los beneficios definidos por la FAO [6] para la agricultura al evolucionar con la ciencia y la tecnología, son: optimizar la eficiencia de la producción; optimizar la calidad; minimizar el impacto ambiental; y minimizar los riesgos asociados a la producción.

El foco de la agricultura 4.0 en formas de agricultura digitalizadas puede generar un interés renovado en transformar las operaciones y procesos tradicionales con datos digitales intensivos que se centran en prácticas analíticas y de toma de decisiones [22]. A partir de la evolución, que integra la utilización de dispositivos, tecnologías de la información y big data a este sector, el sector agrícola. Al seguir las prácticas de la agricultura inteligente, IoT puede ayudar a mejorar las soluciones de muchos problemas agrícolas tradicionales, como la respuesta a la sequía, la optimización del rendimiento, la idoneidad de la tierra, el riego y el control de plagas [7]. Sin embargo, todavía existen varias cuestiones que deben abordarse en la situación actual de la agricultura industrial, como los problemas ecológicos, la falta de digitalización, la cuestión de la seguridad alimentaria y la ineficiencia de la cadena de suministro agroalimentaria [4]. No cabe duda de que la elevada demanda de alimentos debido al crecimiento demográfico está afectando al medio ambiente y ejerciendo muchas presiones sobre la productividad agrícola [21], razón por lo cual la agricultura 4.0 debe ser *verde*, de la mano de la ciencia. Teniendo en cuenta tanto la demanda como el de la cadena de valor y el de la oferta de la ecuación de la escasez de alimentos [20], utilizando la tecnología no sólo para innovar, sino para mejorar y satisfacer las necesidades reales de los consumidores [23]. Asimismo, debe ser capaz de cuestionar y refutar si los beneficios para la productividad deben reemplazar a los sociales, éticos o preocupaciones medioambientales y poder convencer a los innovadores y formuladores de políticas para cambiar la dirección de las innovaciones para Agricultura sostenible. La cuarta revolución agrícola provocará cambios importantes en el ámbito y la organización de la agricultura mundial tradicional, lo que exigirá nuevas estrategias para resolver los obstáculos [24].

El paradigma de la agricultura 4.0 presenta la evolución del campo agrícola a medida que las iniciativas y aplicaciones impulsadas por datos en varias áreas (es decir, la agricultura) se están volviendo económicamente viables [22], permitiendo a los productores beneficiarse de este nuevo *tsunami* de los datos que pueden recopilar. Las soluciones basadas en datos están liberando el potencial de producción de una manera sostenible y eficiente en el uso de recursos [25]. No obstante, se presenta una discusión abierta y múltiples desafíos sobre Agricultura 4.0, específicamente una ola de resistencia de las fincas pequeñas y medianas debido a las preocupaciones sobre el intercambio de datos y las políticas de control de acceso a los datos [22].

B. Digitalización y cambio tecnológico agrícolas en América Latina

La agricultura y la civilización modernas exigen conjuntamente una mayor producción de alimentos para sostener a la población mundial. La automatización y la toma de decisiones inteligente también están adquiriendo más importancia para cumplir esta misión [26]. Gran parte de los países comparten una misma preocupación y es, garantizar la seguridad alimentaria, dado los numerosos problemas relacionados con la escasez de agua, la disponibilidad limitada de tierras cultivables, la perecibilidad de los productos y el aumento de las condiciones ambientales impredecibles, por nombrar algunos [27]. En todo el mundo, las fuentes de ciencia y tecnología agrícola avanzada se están diversificando. Algunos países, como Brasil, China e India, han ampliado sus capacidades en materia de ciencias agrícolas, y es probable que se conviertan en fuentes cada vez más importantes de tecnología para la agricultura mundial y de los países en desarrollo [28]. Por tal razón, para lograr ofrecer una producción agrícola sostenible, el sector agrícola debe emplear tecnologías de vanguardia como Blockchain, IoT e IA. La agricultura basada en datos con estas tecnologías es el enfoque más prometedor para resolver problemas actuales y futuros [29]. Por lo que las tecnologías digitales permiten a los agricultores producir de manera más eficiente y a su vez, impulsar la economía de sus países.

La adopción de tecnologías en la agricultura está impulsada por la capacidad de reunir información vinculada a los beneficios en las operaciones agrícolas [19], instaurando una relación entre los proveedores y los clientes, propiciando una mayor confianza en los estos últimos y generando nuevos servicios mediante las relaciones digitales (...), incidiendo en las preferencias y en las decisiones de los consumidores, principalmente a través de su interacción con la información [30]. Un sistema basado en datos beneficia a todas las partes interesadas involucradas con el negocio agrícola, desde los profesionales de la agricultura (agricultores) hasta los consumidores, las instituciones financieras, las industrias de procesamiento de alimentos y muchos otros [29].

Transitar hacia la agricultura 4.0 no es una opción, es una necesidad, lo cual hace necesario establecer e implementar iniciativas de innovación social que reduzcan la desigualdad en la incorporación de tecnologías entre grandes y pequeños productores; extendiéndose también a las zonas rurales y urbanas del país, y a todas las poblaciones sin importar la edad, el género, las diferencias económicas, las competencias digitales [31]. Para superar los obstáculos a la adopción de la tecnología se requiere de políticas de estado que desarrollen tecnologías económicas dirigidas a los agricultores, las cuales puedan ser incorporarlas a sus actividades, eliminando las discrepancias educativas entre las poblaciones rurales y urbanas; promoviendo de esta forma, el acceso a la información y el aprendizaje por parte de los agricultores [28].

Hoy en día, los agricultores tienen una gran necesidad de información, desde la planificación de los cultivos hasta la de la cosecha hasta la venta del producto final [32]. Las prácticas agrícolas modernas permiten a los agricultores cumplir con los tres objetivos de sostenibilidad, conservación y defensa de los recursos naturales para satisfacer los requerimientos de alimentos y combustibles de la población en rápido crecimiento en términos de viabilidad financiera [33]. La digitalización permite a los agricultores controlar sus granjas de forma remota y gestionar la agricultura y sus actividades de una manera más eficaz. En un futuro cercano, el IoT permitirá el uso automático en tiempo real, interacción, control y toma de decisiones [25]. Cada vez más, los agricultores se dan cuenta de que las TIC con su potencial para transformar la naturaleza del trabajo y la estructura del lugar de trabajo, ya no son un futuro, sino una realidad actual [32]. Esto exige cambios audaces, se necesitan estrategias, políticas y programas a largo plazo.

Entre los retos para lograr una mayor digitalización agrícola se requiere de infraestructura y conectividad, el diseño del marco regulatorio de telecomunicaciones, así como de financiamiento y fortalecer las competencias digitales. Finalmente, las estrategias y los programas nacionales relacionados con la alimentación y la agricultura han de apuntar a la reducción de costos y facilitar el acceso a tecnologías avanzadas, principalmente para los pequeños agricultores [34]. Todo esto es posible, en la medida en que se realicen inversiones en investigación y desarrollo para elevar la productividad de los cultivos. No obstante, muchos aspectos de la información agraria constituyen un bien público y, como política los gobiernos deben desempeñar algún papel en su provisión, asegurando que no sea sub-suministrada [5].

C. Gestión de la agricultura 4.0 en Colombia

La agricultura representa un papel primordial, al incidir en el progreso de un país agrícola. Los problemas relacionados con la agricultura obstaculizan continuamente los avances de los países. La única solución al inconveniente actual es una agricultura inteligente mediante la modernización [35]. De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos-OECD [36], Colombia presenta una baja productividad en el sector agropecuario, lo que restringe la competitividad del país [37]. A través de la Ley 1876 de 2017, se conforma el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria-SNIA, con la finalidad de aumentar la competitividad, productividad y sostenibilidad, mediante un marco encaminado a la investigación, desarrollo tecnológico, transferencia de tecnología, gestión del conocimiento, formación, capacitación y extensión [L1]. Por lo que al promover la Innovación, desarrollo e investigación I+D+i se está dando paso a la incorporación de tecnologías y técnicas agropecuarias. Así como una transferencia de conocimiento a los productores colombianos [36].

Los desafíos actuales que supone la agricultura, dan cuenta de los cambios a gran velocidad a los que el mundo debe adaptarse, y que pueden afrontarse gracias a las diversas tecnologías emergentes [38], ofreciendo oportunidades únicas para mejorar la producción de los cultivos y el comercio de alimentos. En marzo del 2020 por medio del Decreto 749 del 28 de mayo del mismo año, el gobierno nacional decreta el asilamiento obligatorio en el país con el fin de aminorar los efectos producidos por la pandemia del COVID 19 [L2]. Situación que generó caos, miedo ante este nuevo panorama incierto para todos. Sumado a esto, miles de hogares colombianos comenzaron a abastecerse de alimentos, ante esta nueva realidad que suponía un confinamiento estricto y obligatorio en todo el territorio nacional. Seguir abasteciendo al país no fue una tarea fácil a pesar de todas las dificultades que supuso la cuarentena y las restricciones de movilidad, especialmente en el caso de los pequeños agricultores. Según datos del Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario-SIPSA y el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas-DANE, los productores transportaron en total 2520000 toneladas de productos a los puntos de abastecimiento del país [39]. De acuerdo con el DANE en su informe oficial del mercado laboral, 3 millones 95 mil personas se dedican a la agricultura, lo que constituye un 17 por ciento del total de la fuerza laboral del país [39]. El sector productivo agrícola colombiano tiene el gran desafío de transitar hacia una agricultura inteligente y de precisión, e integrar la inteligencia artificial con el fin de que todos los actores del proceso agrícola logren beneficiarse, agregando valor a toda la cadena productiva. La A 4.0 ayuda a los agricultores en el uso eficiente de los recursos económicos, humanos y tecnológicos, creando una agricultura trazable para tomar decisiones basadas en datos reales y con el menor efecto sobre el medio ambiente [17].

La cuarta revolución agrícola, que está actualmente en construcción comprende un sinnúmero de problemas y a la vez soluciones desde el punto de vista tecnológico, socioeconómicos y de gestión que requiere tomar precauciones [24]. La demanda imperecedera de un mayor rendimiento de los cultivos, una mayor incorporación de las TIC en la agricultura y los rápidos cambios climáticos mundiales son algunos de los principales impulsores que dan como resultado un crecimiento tan elevado del mercado [7]. Este hecho representa un

reto continuo y creciente para diseñar y desarrollar nuevas estrategias tecnológicas que permitan a los agricultores acceder a los datos y utilizarlos como información específica para una mejor toma de decisiones [32]. La complejidad de las tecnologías y la incompatibilidad entre sus componentes son barreras que impiden la adquisición de equipos y maquinaria por los agricultores y gestores de empresas rurales (...), además del alto consumo energético de las tecnologías [24].

Las TICS, como los teléfonos inteligentes y la IoT, pueden cambiar la agricultura al facilitar el acceso y permanencia a los mercados y proporcionar información para dar respuesta a los problemas en los países en desarrollo [40]. La tecnología de los teléfonos inteligentes es prometedora para el desarrollo futuro de la agricultura, ya que puede facilitar y mejorar muchos procedimientos operativos y puede combinarse con las tecnologías de agricultura de precisión [41]. Las características y la flexibilidad, incluidos GPS, cámaras con micrófono, acelerómetros, proximidad y giroscopios, han atraído a los técnicos de TI que están creando funciones de teléfonos inteligentes más atractivas para satisfacer muchas demandas de los agricultores [40]. El factor más importante para tales aplicaciones es que el agricultor debe acceder a ellas y utilizarlas. En otras palabras, una aplicación fácil de usar, gratuita o de bajo costo que admita varios idiomas podría atraer la atención del agricultor [7]. Estas tecnologías también pueden cerrar la brecha entre las zonas del país, incluida la próxima generación de productores [40]. Adicionalmente, con la infraestructura rural necesaria, las cadenas de suministro, los servicios y la capacitación, se pueden crear empleos nuevos y más atractivos para beneficiar a las áreas rurales que quedaron atrás cuando la agricultura dependía de herramientas manuales rudimentarias [6]. El agricultor comercial de hoy que tiene un dominio completo de las habilidades y conocimientos agrícolas existentes, deberá convertirse en una especie de gerente de Tecnología de la Información-TI que opere desde una oficina o frente a una pantalla (computadora, teléfono móvil, tableta, etc.) [6].

1) Plataformas digitales

Los nuevos desafíos de investigación surgen como resultado de la escala de innovación de plataformas en crecimiento exponencial, la creciente complejidad de las arquitecturas de plataformas y la expansión de las plataformas digitales a muchas industrias diferentes [42]. Las plataformas digitales son un fenómeno omnipresente que desafía a los operadores tradicionales al cambiar la forma en que consumimos y proporcionamos productos y servicios digitales [43]. Sin embargo, a pesar de las enormes inversiones en investigación agrícola, ha habido pocos esfuerzos sistemáticos para crear plataformas digitales para satisfacer los requisitos de información de los agricultores en un mundo cambiante [44].

En Colombia, AGROSAVIA, instaurada desde 1993 como una entidad pública descentralizada, orientada a propiciar la generación de nuevo conocimiento, el desarrollo tecnológico, la adaptación y transferencia de tecnologías mediante asesorías y capacitaciones con la finalidad de mejorar e impulsar la competitividad del sector agropecuario [45]. Dando cumplimiento a sus objetivos organizacionales, ha puesto a disposición una serie de productos y servicios, entre estos, sistemas de información que se presentan a continuación:

- *ViMaZ-Visor de Mapas Zulia*: Es una aplicación geoinformática con servidor de imagen satelital integrado y cartografía digital para la visualización de información agropecuaria del distrito de riego de Zulia (Colombia) [46]. Desarrollado por el Grupo de Investigación: Ecología y Agricultura Inteligente para lograr una mayor competitividad y sostenibilidad de los sistemas de producción en el trópico. Esta oferta tecnológica desarrollada en el marco del proyecto de investigación desarrollado por AGROSAVIA en alianza con Asozulia [47].
- *HornillApp*: Es una aplicación de uso gratuito que permite al usuario sin conocimiento especializado de cálculo en ingeniería para el dimensionamiento de hornillas paneleras térmicamente eficientes, obtener un diseño sugerido con su respectivo análisis económico a partir de datos básicos su cultivo [38]. Hasta el momento, el sitio web de la aplicación en su primera versión de lanzamiento ha sido visitada 905 veces. Desarrollado de forma colaborativa por varios investigadores de AGROSAVIA. La aplicación es un sitio WEB en desarrollo que consta de tres partes; la primera es la interfaz gráfica de usuario, la segunda el esquema para la generación de informes y mapas y, por último, el repositorio para el almacenamiento de código de forma permanente en la nube.
- *Sistema Iraka*: Sistema integrado que a través de un visor geográfico y módulos adicionales, provee información de suelos y su relación con cultivos de la región andina [48], específicamente 111 ciudades de los departamentos de Boyacá y Cundinamarca. En marzo del 2019 fue lanzada por la organización Sistencial S.A.S. La plataforma ha tenido una serie de revisiones y mejoras. Actualmente, opera la versión V 2.0 luego de ser revisada por miembros de AGROSAVIA.

TABLA 1.

CARACTERIZACIÓN DE PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS AGRÍCOLAS.

Plataforma	Objetivo	Sitio Web	Componentes de la Interfaz	Cloud computing	Tratamiento de datos	Manual del Usuario	Publicaciones asociadas	Tipología	Zona de uso
ViMaZ- Visor de Mapas Zulia 	Consulta o visualización de la cartografía digital temática (suelos, clima, cultivos y aguas) en el Distrito de Zulia.	https://asozulia.agrosavia.co/	4 módulos temáticos: Clima, Suelo, Cultivos, y Aguas.	Si	Ley de tratamiento de datos personales del MinTIC.	Si	0	geo-informática	Norte de Santander (San José de Cúcuta, Corregimiento Buena Esperanza) y El Zulia (Vereda Astilleros).
HornillApp 	Proporcionar al sector agrícola una aplicación para modificar, actualizar o construir una hornilla para la producción de panela, sin un conocimiento de ingeniería especializado.	http://hornillapp.agrosavia.co:7000/usuario	<ul style="list-style-type: none"> Interfaz gráfica de usuario. Esquema para la generación de informes y mapas. Repositorio para el almacenamiento de código. 	Si	Ley de tratamiento de datos personales del MinTIC.	Si	0	Valoración económica	N/A
Sistema Iraka 	Brindar información de suelos y la idoneidad de estos, para cultivos como la cebolla de rama y de bulbo.	https://iraka.agrosavia.co/	<ul style="list-style-type: none"> Visor geográfico. Administración del sistema. 	Si	Ley 1581 y el Decreto 1377.	Si	8	geo-informática	

Fuente: [45], [49].

En la **Tabla 1** se caracterizan las distintas plataformas tecnológicas objeto de estudio de la presente investigación. Aunque AGROSAVIA cuenta con muchas otras, las presentadas en la tabla, abarcan soluciones exclusivamente al sector agrícola. Los resultados dan cuenta del avance del sector agrícola colombiano hacia la agricultura 4.0, permitiendo que diversos actores puedan beneficiarse de la información provista por estas plataformas tecnológicas al tomar de decisiones relacionadas con sus cultivos.

La oferta tecnológica de ViMaZ [46], beneficia cerca de 1 500 productores del distrito de Zulia, ubicado en el departamento de Norte de Santander, interesados en una planificación productiva y cuyas actividades agropecuarias giran en torno al arroz, la ganadería, la palma de aceite, y los cítricos, principalmente.

Por otro lado, Hornillapp es el resultado de 35 años de trabajo colaborativo entre investigadores de AGROSAVIA, y fue lanzada por esta entidad el 15 de julio de 2021. Esta herramienta se diseña a partir del proyecto “Estrategias de proceso para mejorar la inocuidad y calidad de la panela” [49]. Una oferta tecnológica disponible en 24 municipios de Antioquia, 5 en Boyacá, 21 en el departamento de Cundinamarca, y 27 municipios de Santander [50].

Por lo que respecta al sistema Iraka cuenta con una promesa de valor, al proveer apoyo a las decisiones multi-nivel y multiusuario para manejar de manera sostenible el uso del recurso suelo. De este sistema, se han publicado hasta el momento, ocho trabajos, el más reciente fue publicado en enero de 2021 en la base de datos Scopus titulado “IRAKA: El primer sistema colombiano de información de suelos con productos de cartografía digital de suelos” [51].

El flujo bidireccional de información puede, a su vez, ayudar a los planificadores del desarrollo a crear bases de datos locales sobre índices demográficos, de movilidad y de desarrollo humano, contribuyendo a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible-ODS [44]. Teniendo en cuenta lo anterior, dos de las ofertas tecnológicas dan la opción al usuario de la plataforma, permitir almacenar la información suministrada para fines investigativos de Agrosavia y adicional a esto, compartir información con los usuarios de las plataformas tecnológicas. De esta forma, los macrodatos facilitan información para incrementar la productividad y tomar decisiones [38]. La digitalización impulsa la conectividad en el sistema agroalimentario y reduce las ineficiencias, gracias a que Internet ofrece acceso a información técnica y estimula la cooperación y conexión en toda la cadena de valor.

V. CONCLUSIONES

Las plataformas tecnológicas objeto de estudio del presente artículo sin duda son muestra del esfuerzo en materia de creación y desarrollo tecnológico de AGROSAVIA, puesto al servicio de agricultores y demás participantes de los procesos de reactivación del Agro colombiano. Gracias a este esfuerzo de investigación, desarrollo e innovación I+D+i actualmente se cuenta con diversas ofertas dentro de las cuales se encuentran tres interesantes apuestas para el sector agrícola como son: IRAKA, ViMaZ y Hornillapp. Entre las principales características se identifican para el caso de IRAKA y ViMaz que estos sistemas de información son útiles para el uso de información local, el análisis de diferentes modelos de DSM, y distribución en capas ráster y vectoriales. Su desventaja es que solo presentan información sobre la capa superficial del suelo. Sin embargo, representa un paso importante hacia la integración con los sistemas de información que pueden abordarse con otros recursos biofísicos como el clima, la tierra cubierta y arroyos. En el caso de Hornillapp se presenta una solución práctica a un problema específico mediante uso gratuito que permite al usuario sin conocimiento especializado obtener las dimensiones y un estimativo del valor económico de la hornilla panelera térmicamente eficiente a partir de datos básicos de su cultivo desde una interfaz muy intuitiva.

TRABAJOS FUTUROS

El sistema agroalimentario debería abordar cuatro esferas clave que presentan deficiencias, a saber: la formulación de políticas y la reglamentación, las disparidades económicas y de género, las carencias de competencias y la reducción de la “brecha digital” [38]. En materia de la reducción de brechas digitales es de gran interés abordar en futuras investigaciones el impacto que ha generado estos desarrollos tecnológicos presentados en el campo colombiano, con la intencionalidad de responder a posibles limitaciones en su uso alcance y principales estrategias de alfabetización digital desarrolladas.

REFERENCIAS

- [1] R. Vitón, A. Castillo & T. Lopes, *AgTech: Mapa de la innovación Agtech en América Latina y el Caribe*. WA, USA: BID, 2018. <http://dx.doi.org/10.18235/0001788>
- [2] N. Trendov, S. Varas & M. Zeng, *Tecnologías digitales en la agricultura y las zonas rurales*. RO, IT: FAO, 2019. Available: <https://www.fao.org/publications/card/es/c/CA4887ES/>
- [3] O. Sotomayor, E. Ramírez & H. Martínez, Coords., “Digitalización y cambio tecnológico en las mipymes agrícolas y agroindustriales en América Latina,” CEPAL/ONU/FAO, Stgo, CL, *Boletín LC/TS.2021/65*, 2021. Available: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46965-digitalizacion-cambio-tecnologico-mipymes-agricolas-agroindustriales-america>
- [4] Y. Liu, X. Ma, L. Shu, G. P. Hancke & A. M. Abu-Mahfouz, “From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current Status, Enabling Technologies, and Research Challenges,” *IEEE Trans Ind Inform*, vol. 17, no. 6, pp. 4322–4334, Jun. 2021. <http://doi.org/10.1109/TII.2020.3003910>
- [5] S. W. R. Cox, “Information and communication technology applications in agriculture,” *Comput Electron Agric*, vol. 22, no. 2-3, pp. 83–83. 1999. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(99\)00008-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(99)00008-3)
- [6] Santos, S. & J. Kienzle, “Agriculture 4.0: Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production,” *Integr Crop Manag*, vol. 24, pp. 1–25, 2020. Available: <http://www.fao.org/sustainable-agricultural-mechanization/resources/publications/details/es/c/1363243/>
- [7] M. Ayaz, M. Ammad-Uddin, Z. Sharif, A. Mansour & E. H. M. Aggoune, “Internet-of-Things (IoT)-based smart agriculture: Toward making the fields talk,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 129551–129583, Aug. 2019. <http://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2932609>
- [8] P. B. Akmarov, O. P. Knyazeva & E. S. Tretyakova, “Assessing the Potential of the Digital Economy in Agriculture,” presented at *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 666, no. 4, EES, VLC, RF, 8-10 Dec. 2021. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/666/4/042036>
- [9] R. Janandi & T. W. Cenggoro, “An Implementation of Convolutional Neural Network for Coffee Beans Quality Classification in a Mobile Information System,” presented at *Int Conf Inf Manag Technol*, ICIMTech 2020, BDO, IDSA, 13-14 Aug. 2020, pp. 218–222. <http://doi.org/10.1109/ICIMTech50083.2020.9211257>
- [10] D. Sawant, A. Jaiswal, J. Singh & P. Shah, “AgriBot - An intelligent interactive interface to assist farmers in agricultural activities,” presented at *2019 IEEE Bombay Sect Signat Conf*, IBSSC 2019, MUM, IN, 26-28 Jul. 2019, pp. 1–6. <http://doi.org/10.1109/IBSSC47189.2019.8973066>
- [11] A. D. de Medeiros, L. J. da Silva, J. M. da Silva, D. C. F. Dias & M. Dias, “IJCropSeed: An open-access tool for high-throughput analysis of crop seed radiographs,” *Comput Electron Agric*, vol. 175, p. 1–1, Aug. 2020. <http://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105555>
- [12] A. Goap, D. Sharma, A. K. Shukla & C. Rama-Krishna, “An IoT based smart irrigation management system using Machine learning and open source technologies,” *Comput Electron Agric*, vol. 155, pp. 41–49, Dec. 2018. <http://doi.org/10.1016/j.compag.2018.09.040>
- [13] D. Rojo, N. N. Htun, D. Parra, R. De Croon & K. Verbert, “AHMoSe: A knowledge-based visual support system for selecting regression machine learning models,” *Comput Electron Agric*, vol. 187, pp. 1–27, Aug. 2021. <http://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106183>

- [14] I. Zambon, M. Cecchini, G. Egidi, M. G. Saporito & A. Colantoni, “Revolution 4.0: Industry vs. agriculture in a future development for SMEs,” *Processes*, vol. 7, no. 1, pp. 1–16, Jan. 2019. <http://doi.org/10.3390/pr7010036>
- [15] J. P. Molin, H. C. Bazame, L. Maldaner, L. de Paula Corredo, M. Martello & T. F. Canata, “Precision agriculture and the digital contributions for site-specific management of the fields,” *RCA*, vol. 51, no. 5, pp. 1–10, 2020. <http://doi.org/10.5935/1806-6690.20200088>
- [16] R. Bertoglio, C. Corbo, F. M. Renga & M. Matteucci, “The Digital Agricultural Revolution: a Bibliometric Analysis Literature Review,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 134762–134782, Sep. 2021. <http://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3115258>
- [17] M. K. Sott, L. Bertolin, L. M. Kipper, F. D. Giraldo, J. R. Lopez-Robles, M. J. Cobo, A. Zahid, Q. H. Abbasi & M. A. Imran, “Precision Techniques and Agriculture 4.0 Technologies to Promote Sustainability in the Coffee Sector: State of the Art, Challenges and Future Trends,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 32517–32548, Aug. 2020. <http://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3016325>
- [18] M. E. Latino, A. Corallo, M. Menegoli & B. Nuzzo, “Agriculture 4.0 as Enabler of Sustainable Agri-Food: A Proposed Taxonomy,” *IEEE Trans Eng Manag*, no. 99, pp. 1–19, Aug. 2021. <http://doi.org/10.1109/TEM.2021.3101548>
- [19] Á. V. dos Reis, F. A. Medeiros, M. F. Ferreira, R. L. Tavares, L. N. Romano, V. K. Marini, T. R. Francetto & A. L. Tavares, “Technological trends in digital agriculture and their impact on agricultural machinery development practices,” *Rev Cienc Agron*, vol. 51, no. 5, pp. 2–12, 2020. <http://doi.org/10.5935/1806-6690.20200093>
- [20] M. De Clercq, A. Vats & A. Biel, *Agriculture 4.0: the Future of farming technology*. DXB UAE: World Government Summit/Oliver Wyman, 2018. Available from <https://www.worldgovernmentsummit.org/api/publications/document?id=95df8ac4-e97c-6578-b2f8-ff0000a7ddb6>
- [21] Z. Zhai, J. F. Martínez, V. Beltran & N. L. Martínez, “Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges,” *Comput Electron Agric*, vol. 170, pp. 1–16, Mar. 2020. <http://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105256>
- [22] K. Spanaki, E. Karafili & S. Despoudi, “AI applications of data sharing in agriculture 4.0: A framework for role-based data access control,” *Int J Inf Manage*, vol. 59, no. C, Aug. 2021. <http://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102350>
- [23] D. C. Rose & J. Chilvers, “Agriculture 4.0: Broadening Responsible Innovation in an Era of Smart Farming,” *Front. Sustain. Food Syst.*, vol. 2, pp. 1–7, Dec. 2018. <http://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00087>
- [24] F. da Silveira, F. H. Lermen & F. G. Amaral, “An overview of agriculture 4.0 development: Systematic review of descriptions, technologies, barriers, advantages, and disadvantages,” *Comput Electron Agric*, vol. 189, no. January, pp. 1–20, Oct. 2021. <http://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106405>
- [25] S. Fountas, B. Espejo-Garcia, A. Kasimati, N. Mylonas & N. Darra, “The Future of Digital Agriculture: Technologies and Opportunities,” *IT Prof*, vol. 22, no. 1, pp. 24–28, Feb. 2020. <http://doi.org/10.1109/MITP.2019.2963412>
- [26] P. P. Ray, “Internet of things for smart agriculture: Technologies, practices and future direction,” *JAISE*, vol. 9, no. 4, pp. 395–420, Jun. 2017. <http://doi.org/10.3233/AIS-170440>
- [27] O. Elijah, T. A. Rahman, I. Orikumhi, C. Y. Leow & M. N. Hindia, “An Overview of Internet of Things (IoT) and Data Analytics in Agriculture: Benefits and Challenges,” *IEEE Internet Things J*, vol. 5, no. 5, pp. 3758–3773, Jun. 2018. <http://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2844296>
- [28] K. Fuglie, M. Gautam, A. Goyal & W. F. Maloney, *Harvesting Prosperity: Technology and Productivity Growth in Agriculture*. WA, USA: IBRD, 2020. Available: <http://hdl.handle.net/10986/32350>
- [29] S. A. Bhat & N. F. Huang, “Big Data and AI Revolution in Precision Agriculture: Survey and Challenges,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 110209–110222, Aug. 2021. <http://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3102227>
- [30] S. Rovira, W. Peres & N. Saporito, *Coords., Tecnologías digitales para un nuevo futuro*. SCL: CEPAL, 2021. Available: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46816-tecnologias-digitales-un-nuevo-futuro>
- [31] A. Giraldo, “Vista de tan cerca y tan lejos: movilidad socioespacial de un grupo de mujeres jefas de hogar y propietarias de vivienda en terranova- jamundí,” *trabajo grado*, Univalle, CA, CO, 2020. Disponible en <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/21494>
- [32] J. Mendes, T. M. Pinho, F. Neves dos Santos, J. J. Sousa, E. Peres, J. Boaventura-Cunha, M. Cunha & R. Morais, “Smartphone applications targeting precision agriculture practices —A systematic review,” *Agronomy*, vol. 10, no. 6, pp. 1–44, Jun. 2020. <http://doi.org/10.3390/agronomy10060855>
- [33] N. Adnan, S. M. Nordin, I. Rahman & A. Noor, “The effects of knowledge transfer on farmers decision making toward sustainable agriculture practices,” *World J Sci Technol Sustain Dev*, vol. 15, no. 1, pp. 98–115, Jan. 2018. <http://doi.org/10.1108/wjstsd-11-2016-0062>
- [34] FAO/FIDA/OMS/PMA/UNICEF, *El Estado de la Seguridad Alimentaria y la Nutrición*. RO: IT: FAO, 2020. Disponible en <https://www.fao.org/publications/sofi/2021/es/>
- [35] S. I. Hassan, M. M. Alam, U. Illahi, M. A. Al Ghamdi, S. H. Almotiri & M. M. Su’ud, “A Systematic Review on Monitoring and Advanced Control Strategies in Smart Agriculture,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 32517–32548, Feb. 2021. <http://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3057865>
- [36] OECD, *OECD Review of Agricultural Policies: Colombia 2015*. PA: FR: OECD, 2015. <https://doi.org/10.1787/9789264227644-en>
- [37] R. I. Parra-Peña S, R. Puyana y F. Yepes, “Análisis de la productividad del sector agropecuario en Colombia y su impacto en temas como: encadenamientos productivos, sostenibilidad e internacionalización, en el marco del programa Colombia más competitiva,” Fedesarrollo, BO, CO, *Informe Final*, 2021. Disponible en <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/4092>
- [38] FAO, “Plataforma Internacional para la Alimentación y la Agricultura Digitales”, *CL 164/9*. ND: 058/s, 6-10 Jun. 2020. Recuperado de <https://www.fao.org/3/nd058es/nd058es.pdf>
- [39] Portafolio, “El 17% del total de la fuerza laboral del país trabaja en el campo,” *portafolio.co*, Sep. 9, 2020. Disponible en <https://www.portafolio.co/economia/el-panorama-de-la-agricultura-en-colombia-en-su-dia-internacional-de-la-agricultura-544437>

- [40] N. Khan, R. L. Ray, G. R. Sargani, M. Ihtisham, M. Khayyam & S. Ismail, “Current progress and future prospects of agriculture technology: Gateway to sustainable agriculture,” *Sustain*, vol. 13, no. 9, pp. 1–31, Apr. 2021. <http://doi.org/10.3390/su13094883>
- [41] M. Michels, W. Fecke, J. H. Feil, O. Musshoff, J. Pigisch & S. Krone, “Smartphone adoption and use in agriculture: empirical evidence from Germany,” *Precis Agric*, vol. 21, no. 2, pp. 403–425, Apr. 2020. <http://doi.org/10.1007/s11119-019-09675-5>
- [42] M. de Reuver, C. Sørensen & R. C. Basole, “The digital platform: A research agenda,” *J Inf Technol*, vol. 33, no. 2, pp. 124–135, Jun. 2018. <http://doi.org/10.1057/s41265-016-0033-3>
- [43] A. Hein, M. Schrieck, T. Riasanow, D. Soto, M. Wiesche, M. Böhm & H. Kremer, “Digital platform ecosystems,” *Electron Mark*, vol. 30, no. 1, pp. 87–98, Mar. 2020. <http://doi.org/10.1007/s12525-019-00377-4>
- [44] S. Bhaskara & K. S. Bawa, “Societal digital platforms for sustainability: Agriculture,” *Sustain*, vol. 13, no. 9, pp. 1–8, Apr. 2021, <http://doi.org/10.3390/su13095048>
- [45] Agrosavia. “Qué hacemos,” AGROSAVIA, 2022. Disponible en <https://www.agrosavia.co/qu%C3%A9-hacemos>
- [46] Agrosavia, “ViMaZ, un sistema de información geográfico para el distrito de riego del Zulia y sus zonas de influencia,” AGROSAVIA, Oct. 19, 2021. Disponible en <https://www.agrosavia.co/noticias/vimaz-un-sistema-de-informaci%C3%B3n-geogr%C3%A1fico-para-el-distrito-de-riego-del-zulia-y-sus-zonas-de-influencia>
- [47] R. Reyes, C. A. Terán, G. A. Murcia, A. F. Zabala, D. F. Sánchez, F. E. Martínez, J. M. Estupiñán, G. A. Araujo, M. Ramírez, S. M. Polo, V. M. Varón, Y. Roza, G. A. Rodríguez, A. E. Fajardo, J. L. Tauta, A.M. Calvo, J. E. Mojica, D. A. Aguilera, L. A. Ortiz, G. A. Agudelo, G. A. Mora, P. J. Ordoñez, E. O. Rojas, D. F. Alzate, J. M. Duarte y L. Castillo, Alternativas de desarrollo agropecuario con proyección sostenible para el distrito de riego del Zulia y su zona de influencia, AGROSAVIA, BO, CO, *Informe Final*, 2018. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12324/35638>
- [48] G. A. Araujo, F. E. Martínez, V. M. Varón, D. A. Gómez, J. M. Estupiñán, E. A. Silva, C. I. Jaramillo, J. A. Molina, D. Vergara y E. González, *Sistema de información de suelos para el altiplano cundiboyacense (IRAKA)*. BO, CO: Agrosavia, 2021. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.brochure.7403275>
- [49] M. E. Londoño, “HornillApp Llegó para Facilitarle la Vida a los Paneleros Colombianos,” AGROSAVIA, Jul. 12, 2021. Disponible en <https://www.agrosavia.co/noticias/hornillapp-lleg%C3%B3-para-facilitarle-la-vida-a-los-paneleros-colombianos>
- [50] Agrosavia, “Sistema experto para el diseño estándar de hornillas térmicamente eficientes,” AGROSAVIA, 2021. Disponible en <https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnol%C3%B3gica/0668-honillapp-sistema-experto-de-dise%C3%B1o-de-hornillas-paneleras>
- [51] G. A. Araujo-Carrillo, V. M. Varón-Ramírez, C. I. Jaramillo-Barrios, J. M. Estupiñán-Casallas, E. A. Silva-Arero, D. A. Gómez-Latorre & F. E. Martínez-Maldonado, “IRAKA: The first Colombian soil information system with digital soil mapping products,” *Catena*, vol. 196, pp. 1–13, Jan. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104940>
- [L1] Ley 1876 del 29 de Diciembre de 2017, por medio de la cual se crea el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y se dictan otras disposiciones. DO: 50461. Congreso de la República de Colombia. Disponible en <https://www.mineducacion.gov.co/portal/normativa/Leyes/381683:Ley-1876-de-diciembre-29-de-2017>
- [L2] Decreto 749 del 28 de mayo de 2020, por el cual se imparten instrucciones en virtud de la emergencia sanitaria generada por la pandemia del Coronavirus COVID-19, y el mantenimiento del orden público. DO: 51328. Presidencia de la República de Colombia Disponible en <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20749%20DEL%2028%20DE%20MAYO%20DE%202020.pdf>

Adelaida Ojeda-Beltrán es Administradora de Empresas egresada de la Universidad del Atlántico (Colombia). Magister en administración de organizaciones egresada de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD (Colombia). Estudiante de doctorado en TICS Universidad de la Costa (Colombia) y becaria del programa del Ministerio de Ciencia y Tecnología Convocatoria Becas Bicentenario. Con formación complementaria en Programación y diseño Web y móvil. Docente tiempo completo ocasional adscrita a la facultad de Ciencias económicas de la Universidad del Atlántico. Investigadora del grupo organizaciones sostenibles. Su desarrollo profesional se ha centrado en la formación de competencias digitales, uso y apropiación de las TICS en los negocios. Joven investigadora del programa de ciencia y tecnología de MINCIENCIA. Con experiencia en investigación formativa liderando el semillero Organizaciones Inteligentes adscrito al programa de administración de empresas. <https://orcid.org/0000-0003-4530-5644>