

El internet de las cosas IoT: aplicaciones y perspectivas en el agro

Jairo Andrés Hernández Naranjo

Ingeniero electrónico, Centro Agropecuario La Granja, SENA, Experto línea de Electrónica y Telecomunicaciones. SENAGROTIC, Espinal, Colombia.
jahernandez@sena.edu.co

RESUMEN

Colombia es un país dedicado mayormente a la agricultura, que a pesar de contar con más de 40 millones de hectáreas cultivables de terreno, solo se siembran aproximadamente 7 millones. Aunque el país cuenta con una posición privilegiada en el planeta, extensiones de tierra y otras ventajas frente a países como Japón, aún no se considera como potencia en agricultura. En este artículo se presenta el estado del arte actual del agro en Colombia, con el objetivo particular de dar respuesta a ciertas inquietudes tales como: ¿Tecnificar los cultivos favorece la producción? ¿Genera beneficios económicos? ¿Qué es el Internet de las cosas IoT? ¿Cómo se aplica en la Agricultura? De manera que en este texto el lector podrá conocer cuánto ha evolucionado la agricultura en Colombia, desde la perspectiva de aplicación de la tecnología y en particular del Internet de las Cosas IoT, las principales dificultades para su implementación y algunas perspectivas futuras.

Palabras Claves:

Internet de las cosas IoT, Agro en Colombia, Agricultura de Precisión, Sensores para el agro.

ABSTRACT

Colombia is a country mainly dedicated to agriculture, which despite of having more than 40 million of cultivable hectares of land, only approximately 7 million are planted. Although the country has a privileged position on the planet, land extensions and other advantages over countries such as Japan, it is still not considered a power in agriculture. This article presents the current state of the art of agriculture in Colombia, with the particular objective of answering certain questions such as: Does crops technological development favors production? Does it generate economic benefits? What is the Internet of Things IoT? How is it applied in agriculture? In this text the reader could know how much has evolved agriculture in Colombia from the perspective of application of technology and in particular the Internet of Things IoT, the main difficulties for its implementation and some future perspectives.

Keywords: Internet of Things IoT, Agro in Colombia, Precision Agriculture, Sensors for agriculture

INTRODUCCIÓN

La población del mundo continúa creciendo tan rápidamente, que para 2050 se estima la cifra sea de entre 9,4 y 10,1 mil millones de personas, aumentando la necesidad de zonas especializadas de producción de alimentos, especialmente para la cosecha y la ganadería (Dayioglu, 2021). Para lograr una producción agrícola sustentable es necesario aumentar la productividad de la tierra, de forma eco-amigable, y que además permita la trazabilidad necesaria para determinar la calidad y pureza con la que dichos alimentos han sido producidos. Esto en una sociedad que demanda cada vez más la producción de alimentos orgánicos, libres de pesticidas y fertilizantes artificiales.

Colombia es un país estratégicamente ubicado en el continente americano, cuenta con dos océanos, mares, ríos, selvas, montañas, planicie, y una de las mayores diversidades de flora y fauna del planeta; sin embargo, y a pesar de su vocación

agrícola no es actualmente potencia mundial en producción de alimentos. Al observar la frontera agrícola del país, demarcadas por las zonas verdes de la figura 1a, se evidencia que un alto porcentaje del país tiene potencial agrícola con producción de aguacate, banano, cacao, café, arroz, caña de azúcar, (figura 1b) entre otros, los cuales se pueden cultivar en diferentes regiones del país y con gran potencial de exportación.

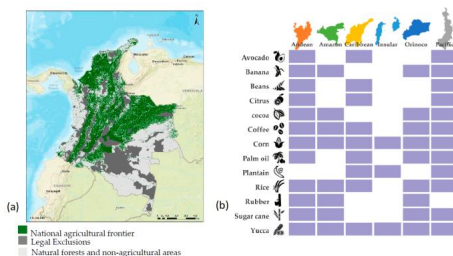


Figura 1. Frontera agrícola de Colombia
(Fuente: Dayioglu 2021)

No obstante, Colombia en los últimos años ha importado maíz de Estados Unidos, arroz de China, entre otros productos, lo cual resalta la problemática que enfrenta el país, puesto que la expectativa sería que el país exportará dichos productos. En particular al revisar las cifras de valor agregado, es decir del provecho económico neto obtenido por una actividad económica (figura 2), se observa que China y Estados Unidos lideran la lista, obteniendo importantes dividendos según cifras de indexmundi (Indexmundi, 2022). Esto parecería lógico ya que son países que cuentan con el terreno, recursos económicos y tecnología para desarrollar esta actividad a gran escala. Sin embargo, al continuar el análisis del listado de países se observa que en los primeros lugares destaca Japón, país de pocos recursos hídricos, altamente volcánico, montañoso en el 85% de su superficie, sobrepoblado y con estaciones lo que hace que los tiempos de cultivo no sean siempre favorables. Por otro lado, aparece Colombia ubicado en la posición 30, a pesar de contar con un mejor panorama para la agricultura, lo cual es importante analizar en detalle.

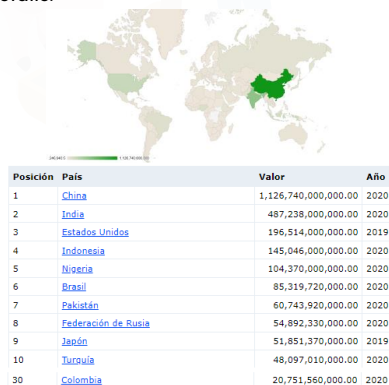


Figura 2. Cifras de valor agregado en la Agricultura (USD) (Fuente: indexmundi 2022)

Japón es reconocido como potencia en ámbitos tecnológicos, en desarrollo electrónico, robótica e industria automotriz. Sin embargo, la necesidad de proveer de alimentos a su densa población, y la falta de terreno cultivable ha hecho que innoven en campos como la agricultura hidropónica (cultivar sin tierra), a través de cultivos verticales, y con desarrollos como los del científico Yuichi Mori, quien logró cultivar frutas y verduras en cualquier entorno, su técnica consume un 90% menos de agua que la agricultura tradicional y no utiliza pesticidas ya que los poros del polímero bloquean los virus y las bacterias (Kamata Fatima, BBC, 2019).

Otros ejemplos de desarrollos realizados en Japón como se ilustra en la figura 3 incluyen el cultivo de tomates en el desierto a través de invernaderos,

en donde la luz artificial hace que las plantas crezcan rápidamente, y el manejo controlado elimina la pérdida por enfermedades. También incluyen el desarrollo del robot 'duck', quien navega el agua de los campos de arroz para ayudar a que se oxigene. O el robot tractor, el cual a través de un sistema de control y posicionamiento global permite que una persona puede operar dos tractores al mismo tiempo.



Figura 3. Aplicaciones de tecnología en el Japón (Fuente: GuiaAgroIndustrial¹)

Los anteriores ejemplos del caso Japón, son una muestra de cómo la tecnología puede mejorar los procesos productivos agrícolas, logrando un beneficio económico y para la sociedad.

INTERNET DE LAS COSAS IoT Y APLICACIÓN EN EL AGRO

La tecnología ha evolucionado de forma exponencial, esto desde la aparición de la máquina de vapor y posteriormente lo que se conoció como la era industrial a través de la producción en masa. Con la posterior aparición del internet, se creó una nueva revolución de la información, la cual conectó al mundo alcanzando el comercio global. Todos estos avances en la historia de la humanidad nos llevan a lo que se conoce en la actualidad como la industrial 4.0, en donde dispositivos electrónicos conectados a internet transmiten información y permiten ser controlados remotamente (KrzysztofWójcicki, 2022). Estas cuatro revoluciones industriales se observan en la línea del tiempo de la figura 4.

¹ <http://guia-agroindustrial.com/>

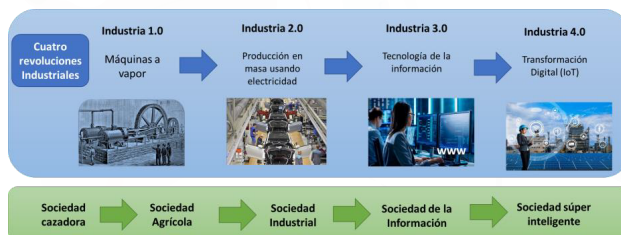


Figura 4. Evolución y transformación de la sociedad (Fuente: Adaptado de Krzysztof Wójcicki, 2022)

A la par de estos desarrollos y revoluciones tecnológicas, la agricultura ha tenido también una evolución importante, partiendo del uso de herramientas manuales usando tracción humana y animal en la agricultura 1.0, hasta el uso de tractores y maquinaria para mejorar la producción en la segunda revolución a mediados de los años 50. Posteriormente, al desarrollo en electrónica y microelectrónica dio como resultado la aparición de la automatización de la agricultura, la agricultura de precisión a través de sistemas de monitoreo y posicionamiento global GPS (Dayioglu 2021). En tiempo recientes se habla de una agricultura autónoma, ya que cuenta con una serie de actuadores y sensores inteligentes, que permiten tomar acciones para garantizar la condición del cultivo sin intervención humana, este es el desarrollo de la agricultura 4.0 (Rehman 2022), tal y como lo muestra la figura 5.

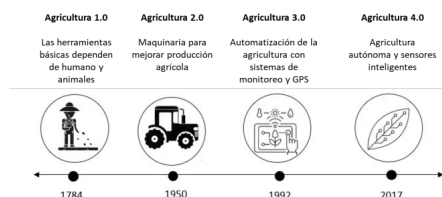


Figura 5. Evolución del IoT en la línea del tiempo (Fuente: Adaptado de Dayioglu 2021)

Al comparar algunos desarrollos de Japón según lo discutido, frente al desarrollo de varios de los cultivos tradicionales de Colombia, es claro de forma generalizada, Japón está en la agricultura 4.0 mientras que Colombia tiene un rezago tecnológico que la ubica en la agricultura 2.0; por tanto, le impide competir abiertamente en el mercado global (Hoyos 2022), contando solo con unos productos que actualmente cuentan con mayor desarrollo y trazabilidad.

Algunas de las problemáticas actuales del agro en Colombia incluyen: falta tecnificación del campo,

malas prácticas agrícolas, cultivos sensibles a los cambios climáticos, altos costos de fertilizantes e insumos, falta de infraestructura vial, terreno irregular, se exporta materia prima y no productos transformados, baja inversión en el campo (Riaño 2022, Toledo 2022). Estas circunstancias presentan una oportunidad para que a través de la innovación y el uso de tecnologías IoT entre otras, se logre una mejor participación del mercado agrícola global (LIU, 2022).

¿Qué es el Internet de las Cosas IoT?

Tal y como lo defina la Internet Society²: "El término "internet de las cosas" (IoT) denota una tendencia donde un gran número de dispositivos embebidos emplea servicios de comunicación a través de protocolos de internet". En el contexto del agro, el internet de las cosas permite tener una medición continua de las variables más importantes del cultivo, permitiendo así optimizar los recursos y maximizando la producción (Kuang, 2022). La arquitectura de dicha red se ilustra en la figura 6, con cuatro capas principales, sensores, comunicaciones, servicio y aplicación.

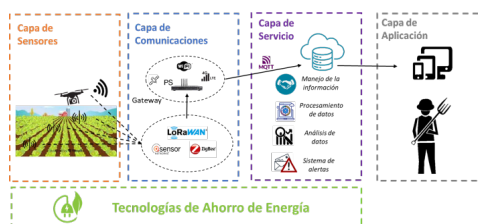


Figura 6. Arquitectura de la red IoT (Fuente: Autor)

La capa de sensores incluye todos los elementos que permiten transformar variables físicas como la temperatura, humedad, etc en una señal eléctrica que pueda ser transmitida y procesada. Esta señal pre-procesada viaja a través de un canal de comunicación (WiFi, bluetooth, LoRa, ZigBEE, etc.) hacia una capa de servicio, encargada de procesar la información para tener

² www.internetsociety.org

conocimiento útil y un sistema de alertas que permita al usuario en capa de aplicación tomar decisiones (figura 6).

Cada una de estas capas trae consigo una serie de desafíos tecnológicos, no solo para los ingenieros desarrolladores, sino también para todo el equipo multidisciplinar participante, dado que la participación es ahora mayor, incluyendo los agrónomos, agricultores, proveedores, etc., ya que la información estará accesible para todos (Kong 2022). Adicionalmente, se resalta en la figura 6, el hecho que las energías verdes son un eje transversal para lograr un desarrollo sostenible.

En términos de aplicación del IoT en el agro se pueden observar diversos campos (Sinha 2022), tal y como se ilustra en la figura 7.



Figura 7. Áreas generales de aplicación del IoT en el Agro (Fuente: Adaptado de Sinha 2022)

Sin embargo, para el caso Colombia los resultados del presente estudio indican que se requieren de forma prioritaria soluciones IoT que permitan: Asegurar cultivos regulares y a tiempo a pesar de cambios climáticos, degradación del suelo, Uso eficiente de los recursos, Monitoreo y administración en tiempo real, Monitoreo animal, Control de riego, Fácil recolección y almacenamiento de los alimentos, Conectividad en zonas alejadas, Fuentes de energía constantes y sustentables (Rodríguez, et.al, 2022).

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Al realizar la presente revisión del estado del arte del IoT en el agro, se plantea no solo el estado actual de la tecnología, las aplicaciones encontradas en países desarrollados, y las problemáticas de Colombia, sino que adicionalmente se desea proyectar las perspectivas futuras. Es así como a través de bases de datos como WebOfScience, Scopus, entre otras es posible buscar dentro de la literatura palabras claves relacionadas con la agricultura (Rodríguez, et.al, 2022). Esto permite generar un diagrama de tendencias en el tiempo como el presentado en la figura 8.

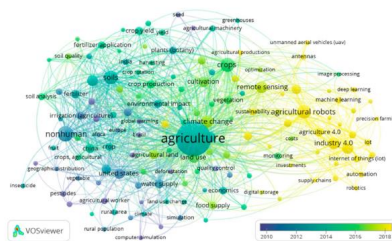


Figura 8. Evolución de la agricultura y tendencias de investigación (Fuente: Rodríguez, et.al, 2022)

De allí se resalta que entre 2010 y 2012 las palabras tendencia de la época incluían: aplicación de fertilizante, pesticidas, insecticidas, simulación por computador, uso de tierra, posteriormente entre 2014 y 2016, se estudiaba sobre maquinaria agrícola, control de calidad, economía, semilla, invernadero. Más recientemente entre 2016 y 2018 se estudia en relación con la agricultura sobre sensores remotos, UAV, internet de las cosas IoT, automatización, robótica, agricultura de precisión, aprendizaje de máquina, aprendizaje profundo y redes neuronales, procesamiento de imágenes, entre otras.

CONCLUSIONES

En este punto y con base en la información recolectada en el presente estudio y revisión de la literatura científica, se puede concluir que estamos en la transición a una nueva revolución, la industria 5.0, en la cual la Inteligencia Artificial toma un papel crucial en el análisis de toda la información recolectada a través de IoT, en donde la capa de aplicación donde el usuario (agricultor) tomaba decisiones, se verá asesorado en algunas decisiones por una máquina, para garantizar con mayor eficiencia las condiciones óptimas del cultivo en cuestión. Para Colombia existe aún una brecha tecnológica por resolver antes de lograr el desarrollo de otros países, sin embargo, todos estos desafíos se presentan como oportunidades para los desarrolladores e investigadores del país.

REFERENCIAS

1. (Dayioglu, 2021) Dayioglu, A.M.; Turker, U. Digital Transformation for Sustainable Future-Agriculture 4.0: A review. J. Agric. Sci. 2021, 27, 373-399.
2. (index mundo 2022) <https://www.indexmundi.com/es/datos/indicador/es/NV.AGR.TOTL.CD/rankings>
3. (Kamata Fatima, BBC, 2019) Kamata Fatima, Cómo Japón está revolucionando la agricultura sin tierra ni trabajadores, BBC Brasil, Consulta realizada el 6 de noviembre de 2022, disponible en:

<https://www.bbc.com/mundo/noticias-49784511#:text=La%20topograf%C3%ADa%20limita%20en%20gran,se%20dedica%20a%20cultivar%20arroz>

4. (Krzysztof Wójcicki 2022), Wójcicki, Krzysztof & Biegańska, Marta & Paliwoda, Beata & Górna, Justyna. (2022). Internet of Things in Industry: Research Profiling, Application, Challenges and Opportunities—A Review. *Energies*. 15. 10.3390/en15051806.
5. (Rehman 2022) Amjad Rehman, Tanzila Saba, Muhammad Kashif, Suliman Mohamed Fati, Saeed Ali Bahaj and Huma Chaudhry; A Revisit of Internet of Things Technologies for Monitoring and Control Strategies in Smart Agriculture; *Agronomy* 2022
6. (Hoyos, Sensors 2022) Arrubla-Hoyos, W.; Ojeda-Beltrán, A.; Solano-Barliza, A.; Rambauth-Ibarra, G.; Barrios-Ulloa, A.; Cama-Pinto, D.; Arabal-Campos, F.M.; Martínez-Lao, J.A.; Cama-Pinto, A.; Manzano-Agugliaro, F. Precision Agriculture and Sensor Systems Applications in Colombia through 5G Networks. *Sensors* 2022, 22, 7295. <https://doi.org/10.3390/s22197295>
7. (Riaño 2022) Efrén Romero-Riaño, Claudia Galeano-Barrera, Cesar D. Guerrero, Mauricio Martínez-Toro, Dewar Rico-Bautista, IoT applied to irrigation systems in agriculture: A usability analysis, *Revista Colombiana de Computación* Vol. 23, No. 1. January - June 2022, pp. 44-52. e-ISSN: 2539-2115, <https://doi.org/10.29375/25392115.4483>
8. (Toledo 2022) Toledo, Carlos & Villegas, Angela & Muñoz, Luz. (2022). Model based on the principles of smart agriculture to mitigate the effects of frost and improve agricultural production in the Cundiboyacense plateau. *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*. 15. 20220006. 10.2478/ijsis-2022-0006.
9. (LIU, 2022) Lei LIU, Arunodaya Raj; Mishra, "Enabling technologies challenges of green internet of things (iot) towards sustainable development in the era of industry 4.0", *Technological and Economic Development of Economy*, ISSN: 2029-4913 / eISSN: 2029-4921
10. (Kuang, 2022) Yen-Kuang Chen, Challenges and Opportunities of Internet of Things, 17th Asia and South Pacific Design Automation Conference, 2022
11. (Kong 2022) Linghe kong, Jinlin Tan, "Edge-Computing-Driven Internet of Things: A Survey" Association for Computing Machinery. 0360-0300/2022/8-ART \$15.00 <https://doi.org/10.1145/3555308>
12. (Sinha 2022) Bam Bahadur Sinha Recent advancements and challenges of Internet of Things in smart agriculture: A survey, *Future Generation Computer Systems* 126 (2022) 169–184
13. (Rodriguez, et.al., 2022) José Ignacio Rodríguez Molano, Yeimy Andrea Montoya Alvarez, Leonardo Emiro Contreras Bravo, Colombian agriculture: approaching agriculture 4.0, *Revista Ingenieria Solidaria*, vol. 18, no. 2, 2022. doi: <https://doi.org/10.16925/2357-6014.2022.02.04>