



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE:
INGENIERO DE SISTEMAS**

**CARRERA:
INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**TEMA:
“FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO EN LA APLICACIÓN DE
LA IOT AL SECTOR AGROPECUARIO”**

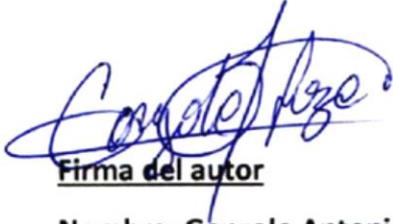
**AUTOR:
GONZALO ANTONIO LOZA GONZALEZ**

**TUTOR:
Msg. MIGUEL ANGEL QUIROZ MARTINEZ**

**Abril 2021
GUAYAQUIL-ECUADOR**

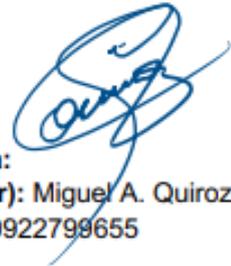
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Gonzalo Antonio Loza Gonzalez**, declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del/los autor/es.



Firma del autor

Nombre: Gonzalo Antonio Loza Gonzalez
CI. 0923987986



Firma:
(Tutor): Miguel A. Quiroz Martínez
C.I.: 0922798655

FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO EN LA APLICACIÓN DE LA IOT AL SECTOR AGROPECUARIO

Miguel Ángel Quiroz Martínez^{1[0000-0002-8369-1913]}, Gonzalo Loza González²

¹ Department of Computer Science, Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, Ecuador, Chamber 227 y 5 de junio

mquiroz@ups.edu.ec, gloza@est.ups.edu.ec

Abstract. El presente trabajo pretende establecer los principales factores de éxito respecto a la aplicación del Internet de las Cosas (IoT) en el sector agropecuario, para cumplir el objetivo, fue necesario aplicar revisión documental sobre trabajos recientes cuyo método de trabajo ha sido la aplicación de las IoT. En cuanto a los resultados se identificaron factores como la transmisión de datos, la relación entre alcance de señal y consumo de energía, velocidad y su relación con el alcance; el análisis de datos se considera uno de los principales factores de éxito, ya que dependiendo de este factor se pueden desglosar otros criterios de selección de los diferentes protocolos en tecnología IoT. Se detallaron los principales beneficios como disminución de desperdicios, mejor gestión de recursos, operatividad eficiente entre otros.

Keywords: agricultura, análisis de datos, IoT, sensores, tecnología inteligente.

1. INTRODUCCIÓN

Internet de las cosas (IoT) ha encontrado su aplicación en varias áreas, como la industria 4.0, Smart cities, Smart home, la energía inteligente, el automóvil conectado, la agricultura inteligente [1], edificio conectado y campus, asistencia sanitaria, logística [2], entre otros dominios. IoT tiene como objetivo integrar el mundo físico con el mundo virtual utilizando Internet como medio para comunicarse e intercambiar información.

IoT se ha definido como un sistema de dispositivos informáticos, máquinas mecánicas y digitales, objetos, animales o personas interrelacionados a los que se les proporcionan identificadores únicos y la capacidad de transferir datos a través de una red sin requerir de persona para la interacción con la computadora. Un área clave de interés en este documento es la aplicación de IoT en la agricultura. El mundo está recurriendo al uso de IoT combinado con análisis de datos (AD) para satisfacer la demanda mundial de alimentos en los próximos años [3]. De acuerdo con la investigación de Chi y otros [4] prevén que las instalaciones de dispositivos IoT en el sector agrícola aumentarán a 75 millones en 2022. El uso de IoT y AD permitirá una agricultura inteligente que se espera que ofrezca una alta eficiencia operativa y un alto rendimiento [5].

A lo largo de los años, las redes de sensores inalámbricos (RSI o WSN) se han implementado para el sector agropecuario inteligente y la producción de alimentos con

un enfoque en el monitoreo ambiental, agricultura de precisión, automatización y trazabilidad del control de máquinas y procesos [6]. La aplicación de IoT en la agricultura se trata de empoderar a los agricultores con las herramientas de decisión y las tecnologías de automatización que integran a la perfección productos, conocimientos y servicios para una mejor productividad, calidad y ganancias.

2. METODOLOGÍA

En este artículo, se aplica la investigación documental sobre la aplicación de IoT en agricultura. Esta investigación consiste en la revisión literaria respecto al tema de estudio donde se incluyen artículos publicados, informes técnicos y soluciones existentes. Se presenta la aplicación de IoT para el análisis de datos y mediante qué factores esta tecnología influye en la agricultura. Además, se discuten los beneficios, desafíos, temas abiertos, tendencias futuras y oportunidades.

2.1 Ecosistema de IoT

Trabajos como el de Samie y otros [7], Gupta [8], Keramidas y colaboradores [9], entre otros autores coinciden en que existen componentes o factores que inciden directamente en la eficiencia de las IoT aplicadas para labores de agricultura. Pese a que los identifican con nombres similares, existen cuatro componentes principales que son esenciales para cualquier aplicación de IoT, estos son; dispositivos IoT, tecnología en comunicación, internet y el almacenamiento y procesamiento de datos. La descripción de los componentes de IoT en lo que respecta a la agricultura se proporciona a continuación.

Dispositivos IoT

Los dispositivos IoT constan de sistemas integrados que interactúan con sensores y actuadores y requieren conectividad inalámbrica. Estos dispositivos de IoT a veces se denominan sensores de IoT. Los sensores se utilizan para monitorear y medir diferentes variables agrícolas (por ejemplo, nutrientes del suelo, datos climáticos) y factores que afectan la producción. Los sensores se pueden clasificar en sensores de ubicación, sensores ópticos, sensores mecánicos, sensores electroquímicos y sensores de flujo de aire [10].

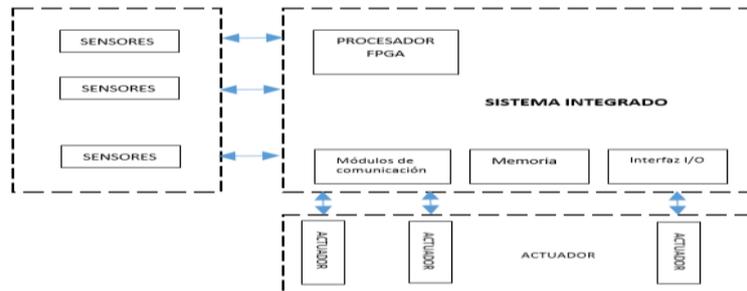


Figura 1 Arquitectura de los dispositivos IoT [11]

Estos sensores se utilizan para recopilar información, como temperatura del aire, temperatura del suelo a varias profundidades, lluvia, humedad de las hojas, clorofila, velocidad del viento, temperatura del punto de rocío, dirección del viento, humedad relativa, radiación solar y presión atmosférica. La Tabla 1 proporciona un resumen de algunos de los sensores y sus aplicaciones. Hay características clave de los dispositivos de IoT que los hacen adecuados para fines agrícolas, estos son: (a) eficiencia energética, (b) memoria, (c) eficiencia computacional, (d) portabilidad, (e) durabilidad, (f) cobertura, (e) confiabilidad, (f) costos.

2.1.2 Tecnología de la comunicación

La tecnología de la comunicación juega un papel clave en el despliegue exitoso de los sistemas de IoT. La tecnología de comunicación existente se puede clasificar según los estándares, el espectro y los escenarios de aplicación.

a) Espectro: El espectro sin licencia hace uso de una banda de RF médica y científica industrial conocida como Banda ISM. El inconveniente del uso del espectro sin licencia son los problemas de seguridad, el costo de la infraestructura y la interferencia. Por otro lado, el espectro con licencia que se asigna a la red celular ofrece una gestión del tráfico más eficiente, menos interferencia, mejor confiabilidad, mayor calidad de servicio (QoS), alto nivel de seguridad, mayor cobertura y menor costo de infraestructura para los usuarios [12].

b) Estándar: Existen muchos estándares para las comunicaciones inalámbricas. Se pueden clasificar en estándares de comunicación de corto y largo alcance. Ejemplos de estándares de corto alcance son los dispositivos habilitados para comunicaciones de campo cercano, Bluetooth, ZigBee, Z-Wave, sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID) pasivos y activos [13].

Tabla 1. Tipos de sensores aplicados en la agricultura

| Tipo de sensor | Funciones | Aplicaciones |
|--------------------------------------|---|--|
| Óptico | Uso de la luz para medir las propiedades del suelo | Fotodiodos y foto detectores para determinar arcilla, materia orgánica y la humedad que contiene el suelo |
| Mecánico | Uso de sondas para medir la compactación o resistencia mecánica del suelo | Tensiómetros para detectar las fuerza aplicada de las raíces para la absorción de agua necesaria para una correcta irrigación. |
| Electromecánico | Uso de electrodos para detectar iones específicos en el suelo | Uso de electrodos selectivos de iones y sensor de transistor de efecto de campo selectivo de iones para detectar nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo. |
| Humedad dieléctrica del suelo | Uso de electrodos para evaluar los niveles de humedad midiendo la constante dieléctrica en el suelo | Reflectometría de dominio de frecuencia o reflectometría de dominio de tiempo para detectar el contenido de agua del suelo. |
| Flujo de aire | Medir la permeabilidad del aire del suelo | Propiedades como compactación, estructura, tipo de suelo y niveles de humedad del suelo pueden ser medidos. |
| Ubicación | Uso de satélites GPS para determinar la latitud, longitud y altitud | El GPS proporciona un posicionamiento preciso por lo que es una piedra angular para la agricultura de precisión. |

c) Escenario de aplicación: El enlace bidireccional permite la corrección de errores hacia adelante, el protocolo de enlace para la confiabilidad de los datos, el cifrado de datos, las actualizaciones de firmware por aire y la comunicación entre dispositivos. El trabajo de Lauridsen y otros [14], la comparación de LoRa y NB-IoT muestra que cada tecnología tiene sus ventajas y desventajas, por lo que la tecnología más adecuada depende de la aplicación, por ende, la tecnología de la comunicación juega un papel clave en el despliegue exitoso de los sistemas de IoT.

2.1.3 Internet

El avance en el campo de los sistemas de comunicación inalámbrica, dispositivos móviles y servicios ubicuos ha allanado el camino para la conectividad masiva a Internet. Según el informe de investigación de Machina, se espera que el número de dispositivos agrícolas conectados crezca de 13 millones a finales de 2014 a 225 millones en 2024 [15].

Internet forma la capa de la red central, donde se proporcionan rutas para transportar e intercambiar datos e información de red entre múltiples subredes. La conexión de los dispositivos IoT a Internet permite que los datos estén disponibles en cualquier lugar y en cualquier momento. Para lograr la conectividad de sistemas y dispositivos heterogéneos a través de Internet, se están desarrollando middleware de IoT y

protocolos de conectividad. Ejemplos de middleware de IoT son la Arquitectura Orientada a Servicios (SOA), el middleware de IoT basado en la nube y el middleware de IoT basado en actores que se han aplicado para soportar IoT [16].

2.1.4 Unidades de procesamiento y almacenamiento de datos

La agricultura impulsada por datos implica la recopilación de datos enormes, dinámicos, complejos y espaciales, que requieren almacenamiento y procesamiento [17]. La complejidad de los datos puede variar desde datos estructurados hasta datos no estructurados que pueden ser en forma de texto, imágenes, audio y video. Los datos pueden variar desde datos históricos, datos de sensores, datos transmitidos en vivo, datos comerciales y relacionados con el mercado.

Existen varios sistemas de información de gestión agrícola que se han desarrollado para gestionar las diversas formas de datos [18], estas plataformas proporcionan almacenamiento de datos, gestión de datos y AD.

2.2 Aplicación de las IoT en la agricultura

Los avances recientes en las redes de sensores inalámbricos han facilitado la medición de una variedad de tipos de datos [19]. Estos avances han hecho posible que IoT aborde varios problemas agrícolas y permita una agricultura sostenible y eficiente [20]. En la agricultura, IoT se utiliza para una amplia gama de actividades, y las aplicaciones se pueden dividir en cuatro categorías de la siguiente manera: (a) monitoreo, (b) seguimiento y rastreo, (c) maquinaria agrícola (d) agricultura de precisión [21].

2.2.1 Monitoreo

En la agricultura se pueden monitorear varios factores, estos factores dependen del sector de la agricultura bajo consideración. Los factores clave que se deben monitorear se destacan y analizan a continuación.

Cultivo: En el cultivo hay varios factores ambientales que afectan los productos agrícolas. La adquisición de estos datos ayuda a comprender los patrones y el proceso de la granja. Dichos datos incluyen la cantidad de lluvia, humedad de las hojas, temperatura, humedad del suelo, salinidad, clima, círculo seco, radiación solar, movimiento de plagas, actividades humanas, etc. [22]. La adquisición de un registro tan detallado permite una toma de decisiones óptima para mejorar la calidad de los productos agrícolas, minimizar el riesgo y maximizar las ganancias.

Ganadería: Los factores que deben controlarse en el ganado dependen de los tipos de animales considerados [23]. Por ejemplo, la conductividad de la leche de búfalos y vacas puede dar información sobre el estado de salud de los animales. Otros factores son la temperatura, la humedad, el rendimiento, el ataque de plagas y la calidad del agua. La solución de implementación e implementación también permite a los agricultores rastrear y consultar la ubicación de su ganado al etiquetar animales individuales con un dispositivo RFID, evitando así el robo de animales.

2.2.2 Seguimiento y rastreo

El seguimiento y la localización permiten recopilar varios datos a lo largo de la cadena de suministro de modo que el consumidor y otras partes interesadas estén garantizados sobre el origen, la ubicación y la historia de vida de un producto [24].

Un sistema de seguimiento y rastreo debe incluir básicamente: entrada de información, almacenamiento, transferencia, proceso y salida. La información de entrada incluye los datos de todo el ciclo de vida del producto, el origen geográfico, la posición actual, el destino y las partes interesadas involucradas en toda la cadena de suministro [25]. Los sistemas también deben incluir memoria para almacenar la información durante un período de tiempo con fines de investigación y desarrollo.

2.2.3 Maquinaria de agricultura

La maquinaria agrícola basada en IoT puede ayudar a mejorar la productividad de los cultivos y reducir las pérdidas de granos. Mediante la cartografía adecuada, el uso de GPS y sistemas globales de navegación por satélite (GNSS), la maquinaria puede funcionar en modo de piloto automático. La maquinaria también puede recopilar datos y dichos datos pueden ayudar a los agricultores a cartografiar su campo para programas de planificación, como fertilización, riego, nutrición [26].

2.2.4 Agricultura de precisión

La agricultura de precisión puede definirse simplemente como la recopilación de datos en tiempo real de variables agrícolas y el uso de análisis predictivos para decisiones inteligentes con el fin de maximizar los rendimientos, minimizar el impacto ambiental y reducir los costos [27]. La agricultura de precisión presenta nuevos desafíos para los investigadores en el área de robótica, procesamiento de imágenes, detección de datos meteorológicos, etc. Con el GPS y los sistemas globales de navegación por satélite (GNSS), los agricultores pueden ubicar ubicaciones precisas y mapear sitios con varias variables de datos, que luego son utilizadas por tecnología de tasa variable para distribuir de manera óptima los recursos agrícolas, como la siembra, la fumigación y otros servicios.

2.2.5 Producción de invernadero

El invernadero, también conocido como tecnología de invernadero, es una técnica en la que las plantas se cultivan en un ambiente controlado. Ofrece el beneficio de cultivar cualquier planta en cualquier lugar y en cualquier momento proporcionando las condiciones ambientales adecuadas. Se han realizado varios estudios sobre la aplicación de WSN en invernadero para controlar las condiciones ambientales [28]. Trabajos recientes han demostrado cómo se puede aplicar IoT a los invernaderos para reducir los recursos humanos, ahorrar energía, aumentar la eficiencia en el monitoreo de los invernaderos y conectar directamente los productores de invernaderos con los clientes.

3. RESULTADOS

3.1 Definición de factores críticos de éxito para aplicación de la IoT al sector agropecuario

En base a las referencias se estableció los siguientes factores críticos:

- Ecosistema de IoT [7], [8] y [9],
- Dispositivo IoT [10],
- Tecnología de la comunicación [12], [13],
- Internet [15], [16],
- Unidades de procesamiento y almacenamiento de datos [17] y [18]

3.2 IoT y análisis de datos en agricultura

El análisis de datos precisos en la agricultura juega un papel importante en la mejora de la eficiencia operativa y el aumento de la productividad. La AD se ha categorizado en tipos según los requisitos de las aplicaciones de IoT [29]. Esto incluye análisis en tiempo real, análisis fuera de línea, análisis a nivel de memoria, análisis a nivel de inteligencia empresarial y análisis masivos. Los datos consisten en datos de sensores, audio, imágenes y video. El procesamiento de imágenes se ha utilizado ampliamente en la agricultura para diversos fines que van desde la detección de enfermedades en hojas, tallos y frutos, la calidad de los frutos y la detección y el riego de malezas. Recientemente, se está llevando a cabo la combinación de procesamiento de imágenes e IoT en la agricultura para lograr productos de mayor calidad y reducir la pérdida de cosechas. Hay varios métodos de AD que se han analizado en detalle. Los métodos se clasifican en agrupamiento, predicción y regla de asociación. La discusión de estos métodos está fuera del alcance de este artículo. Se discute la importancia de AD en agricultura y cómo AD puede ayudar en seguros, predicción, gestión de almacenamiento, toma de decisiones y agricultura de precisión.

Predicción de IoT

Proporciona macro datos que pueden estudiarse a lo largo del tiempo para estimar las condiciones ambientales actuales. Los datos recopilados en diferentes tipos de sensores de redes se pueden estudiar mediante AD y se puede desarrollar un algoritmo inteligente para predecir los cambios ambientales y proporcionar soluciones basadas en datos. Aunque los datos de IoT pueden ayudar a controlar varios aspectos de una granja, como los sistemas de riego, los datos también pueden usarse para predecir y advertir a los agricultores contra enfermedades o condiciones climáticas extremas, como inundaciones o sequías [30].

Gestión de almacenamiento

Una gran cantidad de productos agrícolas generalmente se pierde debido a un sistema de gestión de almacenamiento deficiente. Si bien la temperatura, la humedad y otros factores ambientales afectan en gran medida la contaminación de los productos alimenticios, los insectos, microorganismos, roedores, etc. pueden afectar la calidad y cantidad de los productos alimenticios. El uso de IoT y AD en los sistemas de gestión del almacenamiento puede ayudar a mejorar el almacenamiento de productos agrícolas [31]. Los datos se envían a la nube y se analizan. Se puede implementar un sistema de decisión automatizado, que se basa en los datos analizados, para ajustar las condiciones ambientales. Además, se puede iniciar una alerta de advertencia a los agricultores cuando se alcanzan condiciones extremas o si se reportan plagas en la instalación de almacenamiento.

Decisión

La toma de decisiones requiere información confiable que se puede obtener de los datos de los sensores. Los grandes datos obtenidos del sensor ofrecen oportunidades de aprendizaje para mejorar la toma de decisiones en condiciones ambientales en constante cambio, dicha toma de decisiones puede ser a corto, mediano o largo plazo. Se pueden tomar decisiones automatizadas desde el sistema de IoT cuando se alcanzan ciertas condiciones, por lo que requieren menos o ninguna intervención humana. Dicha decisión automatizada podría abarcar desde la regulación de las temperaturas hasta el control del suministro de agua de un sistema de riego. La decisión sobre la toma de políticas por parte del gobierno y todos los interesados también puede mejorarse con la cantidad de información obtenida de AD, por lo que es importante que los datos sean precisos, concisos, completos y puntuales. Se han desarrollado varios sistemas de toma de decisiones agrícolas para permitir a los agricultores tomar decisiones informadas con respecto a sus explotaciones y ganado [32].

Aplicación precisa

La AD que utiliza datos medidos de sensores puede permitir la aplicación precisa de productos químicos y fertilizantes en áreas específicas de la granja, esto puede mejorar la productividad al tiempo que reduce los costos agrícolas. Aunque se han implementado sistemas de agricultura de precisión en granjas en países avanzados, los países en desarrollo están comenzando a adoptar la tecnología, especialmente en granjas de investigación [33]. Sin embargo, el costo de implementación, la tecnología y la conciencia aún limitan las implementaciones de sistemas de agricultura de precisión basados en IoT en los países en desarrollo. Además, la mayoría de las explotaciones agrícolas de los países en desarrollo son explotaciones a pequeña escala, por lo que la mayoría de los agricultores no ven la necesidad de aplicar dicha tecnología. Otra ventaja de AD en agricultura de precisión es su aplicación en maquinaria de dirección utilizando GPS y datos de ubicación a ubicaciones precisas en la granja, mejorando así la eficiencia agrícola en comparación con las máquinas impulsadas por humanos. Esto puede ahorrar tiempo, combustible y costos operativos.

Seguridad

Los agricultores suelen estar expuestos a condiciones meteorológicas extremas que podrían provocar una mala cosecha. Sin embargo, con la implementación de la tecnología IoT, los agricultores pueden estar asegurados con sus cultivos y ganado. Se puede implementar una red de sensores y el monitoreo se puede lograr mediante estaciones remotas no tripuladas. Los datos se pueden enviar a la nube y analizar. Esto puede permitir a los agricultores adoptar un enfoque de precaución para proteger sus granjas. Una ventaja adicional de AD en seguros es el hecho de que las compañías de seguros tienen acceso a los datos de las granjas remotas y pueden iniciar un pago automatizado a través de los sistemas de pagos móviles de IoT cuando se observan condiciones extremas.

Transmisión de datos

El IoT para la agricultura en pequeña escala representa un desafío para la transmisión de datos debido a ubicaciones remotas, con dispositivos distribuidos en áreas extensas o en múltiples pequeñas empresas dedicadas al sector agrícola que tienen un acceso potencialmente limitado a la electricidad y las redes celulares [34]. Por lo tanto, el rango, la velocidad de datos y el consumo de energía son consideraciones de diseño importantes y se comparan para los protocolos de comunicación comunes.

Los protocolos de comunicación se agrupan según la velocidad de datos y el rango de transmisión, que se divide en "Largo alcance", incluida la red de área amplia de baja potencia (LPWAN), que incluye LoRa y SigFox, "Corto alcance", incluido Bluetooth Baja energía (BLE), Zigbee y Z-Wave, y comunicación celular que incluye GSM 2G, 3G, 4G y 5G.

Con respecto al consumo de energía, las soluciones que se adaptan a las aplicaciones de IoT ofrecen un rendimiento superior a los protocolos más generales. Si bien el rango y el consumo de energía de protocolos como LoRa y SigFox son adecuados para aplicaciones de IoT, la compatibilidad de sus dispositivos es más limitada en comparación con los protocolos inalámbricos genéricos como Bluetooth y WiFi.

3.2 Beneficios

Hay varios beneficios que se pueden derivar del uso de IoT en la agricultura. Algunos de los beneficios se han mencionado en la discusión de la aplicación de IoT en las Secciones 2.2 y 3.1. Sin embargo, se reitera y resume algunos de los beneficios a continuación.

1. Agricultura comunitaria: el uso de IoT puede ayudar a promover la agricultura comunitaria, especialmente en las zonas rurales. La IoT se puede aprovechar para promover servicios que permitan a la comunidad tener un almacenamiento de datos común, compartir datos e información, aumentar la interacción entre los agricultores y los expertos en agricultura.

2. Control de seguridad y prevención del fraude: El desafío en el sector agrícola no se limita solo a la producción suficiente, sino también a la capacidad de garantizar un suministro de alimentos inocuos y nutritivos. Ha habido varios informes de fraude alimentario que incluyen adulteración, falsificación y mejora artificial. Este fraude plantea un desafío para la salud y puede tener un impacto económico negativo. Algunos de los componentes del fraude alimentario que se analizan son la integridad del producto, la integridad del proceso, la integridad de las personas y la integridad de los datos que se pueden abordar mediante la tecnología IoT.
3. Ventajas competitivas: Se espera que el aumento de la demanda de alimentos y el uso de tecnología innovadora hagan que el sector agrícola sea muy competitivo. Además, la habilitación de la agricultura basada en datos utilizando IoT abrirá una nueva dirección en el comercio, el monitoreo y el marketing. La capacidad de reducir costos, reducir el desperdicio en la aplicación de insumos agrícolas, como fertilizantes y pesticidas, aumenta la productividad.
4. Reducción de costos y desperdicio: La aplicación de IoT en la agricultura ayudará a ahorrar tiempo y dinero en la inspección de grandes campos en comparación con el personal que inspecciona físicamente el campo, ya sea mediante el uso de vehículos o caminando. La capacidad de saber cuándo y dónde aplicar pesticidas o insecticidas utilizando IoT reducirá los costos y el desperdicio.
5. Eficiencia operativa: Los datos recopilados de los esquemas de vigilancia agrícola a través de IoT pueden servir como guía en las intervenciones agrícolas. Estas intervenciones pueden ser la prevención de la propagación de enfermedades, los brotes de incendios, los planes de compensación y la asignación de recursos. Además, los agricultores pueden aprovechar IoT y AD para tomar decisiones precisas y oportunas en términos de gestión y procesos agrícolas. Además, con el uso de IoT, se puede optimizar la cadena de suministro de productos agroalimentarios. El uso de IoT en la cadena de suministro ayudará a proporcionar un equilibrio en tiempo real entre la demanda y la oferta.
6. Concienciación: Se espera que IoT impulse aplicaciones de bajo costo y acceso a servicios de redes inalámbricas en el sector agrícola. Con este fin, se puede acceder a información sobre mercados, precios y servicios a través de aplicaciones móviles.
7. Gestión de activos: IoT permitirá el monitoreo en tiempo real de los activos agrícolas y la maquinaria contra el robo, el reemplazo de piezas y el mantenimiento de rutina oportuno.

4 CONCLUSIONES

En este documento se presenta una descripción general de IoT y su principal factor de éxito el cual corresponde al análisis de datos en agricultura. Se han discutido en detalle varias áreas relacionadas con el despliegue de IoT en la agricultura. La revisión literaria

muestra que hay mucho trabajo en curso en el desarrollo de tecnología de IoT que se puede utilizar para aumentar la eficiencia operativa y la productividad de las plantas y el ganado. Los beneficios de IoT gracias al análisis de datos, y los desafíos abiertos, se han identificado y discutido en este documento. Se espera que IoT ofrezca varios beneficios al sector agrícola. Sin embargo, todavía hay una serie de cuestiones que deben abordarse para que sea asequible para los pequeños y medianos agricultores. Los problemas clave son la seguridad y el costo. Se espera que a medida que aumente la competencia en el sector agrícola y se implementen políticas favorables como la fácil importación de tecnología, la tasa de adopción de IoT en la agricultura aumente en consecuencia. Un área importante que probablemente atraerá mucha atención de la investigación es el despliegue de la tecnología de comunicación LPWA para fines agrícolas. Se espera que IoT se destaque entre las tecnologías LPWA. Esto se debe al estándar abierto y a la adopción por parte de las empresas de telecomunicaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Pérez, M. Mendoza y M. Suarez, «Paradigma IoT: desde su conceptualización hacia su aplicación en la agricultura,» *Paradigma*, vol. 40, n° 18, 2019.
- [2] D. Ramírez, «Integración del internet de las cosas en los procesos logísticos de máquinas dispensadoras,» *Revista CINTEX*, vol. 23, n° 1, pp. 25-30, 2018.
- [3] N. Dlodlo y J. Kalezhi, «The internet of things in agriculture for sustainable rural development,» de *International conference on emerging trends in networks and computer communications (ETNCC)*, 2015.
- [4] H. Chi, S. Welch, E. Vasserman y E. Kalaimannan, «A framework of cybersecurity approaches in precision agriculture,» de *5th International Conference on Management Leadership and Governance*, 2017.
- [5] S. Wolfert, L. Ge, C. Verdouw y M. J. Bogaardt, «Big data in smart farming—a review,» *Agricultural Systems*, vol. 153, pp. 69-80, 2017.
- [6] D. Hernández, B. Mazon y C. Escudero, «Análisis de Datos Agropecuarios-Internet de las cosas (IoT),» 2018.
- [7] F. Samie, L. Bauer y J. Henkel, «IoT technologies for embedded computing: A survey.,» de *International Conference on Hardware/Software Codesign and System Synthesis (CODES+ ISSS)*, 2016.
- [8] R. Gupta y R. Gupta, «ABC of Internet of Things: Advancements, benefits, challenges, enablers and facilities of IoT.,» de *Symposium on Colossal Data Analysis and Networking (CDAN)*, 2016.
- [9] G. Keramidas, N. Voros y M. Hübner, *Components and Services for IoT Platforms*, Springer International Pu., 2016.
- [10] S. Li, A. Simonian y B. A. Chin, «Sensors for agriculture and the food industry,» *Electrochemical Society Interface*, vol. 19, n° 4, p. 41, 2010.
- [11] R. Dagar, S. Som y S. Khatri, «Smart farming–IoT in agriculture,» de *International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)*, 2018.

- [12] A. Sarmiento y J. Viveros, «Una mirada a la sincronización de la radio cognitiva,» *Inclusión y Desarrollo*, vol. 7, nº 2, pp. 50-62, 2020.
- [13] Y. Matamura y S. Chiba, «Developing an Agricultural Internet of Things System Using Low Power Wide Area Technology,» *Computing, Communications and IoT Applications (ComComAp)*, pp. 140-144, 2019.
- [14] M. Lauridsen, H. Nguyen, B. Vejlgard, I. Kovács, P. Mogensen y M. Sorensen, «Coverage comparison of GPRS, NB-IoT, LoRa, and SigFox in a 7800 km² area,» de *IEEE 85th Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, 2017.
- [15] Gartner, «Machima,» 12 Enero 2016. [En línea]. Available: <https://machinaresearch.com/news/agricultural-iot-will-see-a-very-rapid-growth-over-the-next-10-years/>.
- [16] A. H. Ngu, M. Gutierrez, V. Metsis, S. Nepal y Q. Z. Sheng, «IoT middleware: A survey on issues and enabling technologies,» *IEEE Internet of Things Journal*, 4(1), vol. 4, nº 1, pp. 1-20, 2016.
- [17] J. Li, W. Gu y H. Yuan, «Research on IOT technology applied to intelligent agriculture,» de *5th international conference on electrical engineering and automatic control*, Berlin, Heidelberg, 2016.
- [18] A. Chehri, H. Chaibi, R. Saadane, N. Hakem y M. Wahbi, «A Framework of Optimizing the Deployment of IoT for Precision Agriculture Industry,» *Procedia Computer Science*, vol. 176, pp. 2414-2422, 2020.
- [19] S. Mejía, L. Flórez y C. Guerrero, «Desarrollo tecnológico del IoT en el sector de la agricultura: una visión desde el análisis de patentes,» *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, vol. 28, pp. 375-385, 2020.
- [20] I. S. Ching, A. Rivero, R. López y J. Díaz, «Monitoreo de parámetros ambientales en casas de cultivo a través de aplicación IoT,» *Revista Cubana de Transformación Digital*, vol. 1, nº 1, pp. 53-62, 2020.
- [21] J. Talavera, L. Tobón, J. Gómez, M. Culman, J. Aranda, D. Parra y L. Garreta, «Review of IoT applications in agro-industrial and environmental fields,» *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 142, pp. 283-297, 2017.
- [22] J. Guerrero, F. Estrada, M. Medina, M. Rivera, J. Alcaraz, C. Maldonado y V. López, «SgreenH-IoT: Plataforma IoT para agricultura de precisión,» *Revista Iberoamericana de sistemas, cibernética e informática*, vol. 14, nº 2, 2017.
- [23] B. Trzaskoma, «Critical success factors for IoT implementation and how they differ for organizations with low digital maturity,» 2020.
- [24] K. León y A. Sánchez, «Sistema de monitoreo de variables ambientales en cultivos de papa mediante IOT y energía solar fotovoltaica,» 2020.
- [25] L. Callejas y K. Álvarez, «Trazabilidad en la cadena de suministro alimentaria: Un estudio bibliométrico,» *Revista CIES Escolme*, vol. 11, nº 2, pp. 277-297, 2020.
- [26] T. Mendieta, J. Herrera y A. Peña, «La Capacidad del IOT de Transformar el Futuro,» *Revista Avenir*, vol. 1, nº 1, pp. 15-18, 2019.
- [27] S. Gutierrez, L. Santana, R. Morales, O. Díaz y I. D. Mora, «Análisis de imágenes multispectrales adquiridas con vehículos aéreos no tripulados en agricultura

de precisión,» Revista Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones ISSN: 1815-5928, vol. 39, n° 2, pp. 79-91, 2019.

- [28] J. Pérez, «Un invernadero inteligente para optimizar los cultivos,» Revista Universidad EAFIT, vol. 54, n° 173, pp. 136-139, 2019.
- [29] C. González, F. Arévalo y J. Hernández, «Análisis de seguridad en redes LPWAN para dispositivos IoT,» Revista Vínculos, vol. 16, n° 2, 2019.
- [30] M. Lee, J. Hwang y H. Yoe, «Agricultural production system based on IoT,» de International conference on computational science and engineering , 2013.
- [31] E. G. Leon, J. E. M. Arguijo, C. C. Arellano y F. García, «Propuesta de sistema de gestión inteligente basado en IoT para hidroponía,» Research in Computing Science, vol. 148, pp. 219-233, 2019.
- [32] Y. Zou y L. Quan, «A new service-oriented grid-based method for AIoT application and implementation,» Modern Physics Letters B, vol. 31, pp. 19-21, 2017.
- [33] Á. Cortés y S. Zabala, «Propuesta para la medición y transmisión remota de variables ambientales y de proceso para el sector agrícola, basada en redes de sensores inalámbricas-WSN,» DESARROLLO E INNOVACIÓN EN INGENIERÍA, vol. 619, 2017.
- [34] C. Cambra, S. Sendra, J. Lloret y L. Garcia, «An IoT service-oriented system for agriculture monitoring,» de IEEE International Conference on Communications (ICC) , 2017.