

Transformación de la agricultura mediante la implementación y uso del Internet de las cosas en Costa Rica

Transformation of agriculture through the implementation and use of the Internet of Things in Costa Rica

*Gonzalo Bastos Stephens*¹

*Armando José Joaquín Cerda*²

*José Andrés López Guerrero*³

*Julio Córdoba Retana*⁴

Ulacit

2022

Resumen

Según lo explicado por Gélvez-Rodríguez y Santos-Jaimes (2020), el Internet de las cosas consiste en usar y adquirir distintos dispositivos con capacidades de conexión a Internet, los cuales van desde objetos que forman parte de la vida cotidiana, como el teléfono, automóvil, electrodomésticos, entre otros, hasta áreas como la salud, la seguridad, la industria o la educación. Por consiguiente, la agricultura también es un área que se ha visto beneficiada, por lo tanto, se formuló la

¹ Nacido en San José, Costa Rica, egresado de la Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología (Ulacit), más de 20 años de experiencia en IT y en los últimos 16 años ha estado relacionado a proyectos de implementación de sistemas ERP, como Dynamics AX, Dynamics 365 F&O, Oracle Business Suite y SAP R3. Ha desempeñado roles de consultor funcional, técnico, SME, líder de área o proyecto, así como funciones de supervisión y gerencia de día de las operaciones en Productivo en Latinoamérica y USA.

<https://orcid.org/0000-0001-8455-1472>

Correo: gbastoss533@ulacit.ed.cr

² Ingeniero de *software*, egresado de la Universidad de Costa Rica, con más de 9 años de experiencia en el análisis, diseño y desarrollo de *software*, en el sector público y privado. Trabajador independiente en el área de desarrollo y consultoría con experiencia en metodologías ágiles.

<https://orcid.org/0000-0002-9042-0169>

Correo: ajoquinc027@ulacit.ed.cr

³ Nacido en San José Costa Rica, estudiante de la Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología (Ulacit), ingeniero en Sistemas con 8 años de experiencia en el área de desarrollo y automatización.

<https://orcid.org/0000-0003-2754-7682>

Correo: jlopez605@ulacit.ed.cr

⁴ Especialista en innovación con más de 20 años de experiencia en la gestión tecnológica en el mercado financiero latinoamericano, en organizaciones como BAC Credomatic, Promerica, DaVivienda y Colpatria. Ha dirigido la innovación para clientes en Centroamérica, Panamá, República Dominicana, México, Colombia y Ecuador. Ha acompañado a más de 50 clientes en América Latina en la introducción de prácticas como Customer Experience, Design Thinking, Lean, Scrum, Kanban, Agilismo Escalado (SAFe), CMMi 2.0, ISO 9001, ITIL y COBIT. Dirigió con éxito la certificación de Grupo Babel en ISO 9001:2015 y la evaluación de CMMi Dev Nivel 3.

<https://orcid.org/0000-0002-1700-2358>

Correo: jcordobar022@ulacit.ed.cr

siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo la implementación y uso del Internet de las cosas está transformando el presente y futuro de la agricultura en Costa Rica? El alcance del estudio es obtener la apreciación de las personas encuestadas en relación con la tecnología y la agricultura en el país. Para esto, se llevó a cabo un análisis cuantitativo y descriptivo, realizando encuestas a personas involucradas en el campo de la agricultura. Entre los principales hallazgos se determinó que la mayoría de la población no cuenta con el conocimiento de los proyectos en el sector agrícola que se relacionan con tecnología, sin embargo, tienen la disposición de adquirir, aprender y utilizar estas nuevas herramientas. Este es un punto de partida para identificar las falencias de este sector y a partir de ahí tomar decisiones para empezar a invertir en soluciones automatizadas que ayuden a su progreso.

Palabras clave: Internet de las cosas, agricultura, invernadero inteligente, análisis predictivo, sensores climáticos.

Abstract

As explained by Gélvez-Rodríguez y Santos-Jaimes (2020), Internet of the Things refers to the usage and acquisition of several devices with internet connection capabilities ranging from objects that are part of our daily lives, such as the telephone, car, appliances, among others, to areas such as health, safety, industry, or education. Consequently, agriculture is also an area that has benefited, for which the following research question was formulated: How the implementation and use of the Internet of Things is transforming the present and future of agriculture in Costa Rica? The scope of the research is to obtain the appreciation of the respondents in relation to technology and agriculture in the country, for this a quantitative and descriptive analysis was conducted, conducting surveys to people involved in the field of Agriculture. Among the main findings, it was determined that most of the population that responded the survey does not have knowledge of projects in the agricultural sector related to technology, however, they have the willingness to acquire, learn and use these new tools. So, this is a starting point to identify the shortcomings of this sector and from there make decisions to start investing in automated solutions that will help their progress.

Keywords: Internet of things, agriculture, smart greenhouse, predictive analytics, climatic sensors.

Introducción

El Internet de las cosas es una innovación cada día más presente alrededor del mundo, se trata de una red de dispositivos interconectados que generan e intercambian datos para tomar decisiones en busca de optimizar y automatizar procesos, predecir acciones y monitorear sin intervención humana. Su presencia se puede notar en la mayoría de las industrias y en el ámbito de la agricultura no es diferente.

El impacto de esta tecnología es innegable y se hace notar cuando se observa a los granjeros modernos utilizando con éxito dispositivos agrícolas inteligentes. Estos les permiten tener un mejor

control sobre procesos de cultivo y crianza de ganado mediante sistemas de rastreo, robótica agrícola, invernaderos inteligentes y manejo de plagas.

Con el crecimiento exponencial de la población mundial, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y lo expuesto en el Congreso Mundial de Soluciones IoT (2019), en el que se planteó que el mundo necesitará producir un 70 % más de alimentos para el 2050, se evidencia una reducción de las tierras agrícolas y el potencial agotamiento de los recursos naturales finitos, por lo que la necesidad de mejorar el rendimiento agrícola se ha vuelto crítica. Esto aunado a la limitada disponibilidad de recursos naturales, como agua dulce, la tierra cultivable o la disminución en varios cultivos básicos, agravarán todavía más el problema (Aceros Orduz, 2020).

Otra preocupación que obstaculiza a la industria agrícola es la estructura cambiante de la mano de obra, la cual en la mayoría de los países ha disminuido. Como resultado, se ha desencadenado la adopción de soluciones de conectividad a Internet en las prácticas agrícolas para reducir la necesidad de mano de obra e incrementar la producción agrícola (IoT Solutions World Congress, 2019).

No obstante, en la zona geográfica que comprende América Central, específicamente en Costa Rica, esta es apenas una tecnología emergente, la cual es promovida por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y la Universidad de Costa Rica (UCR) para optimizar la producción de alimentos y crear sistemas alimentarios sostenibles. Desde el presente año existe una iniciativa que pretende involucrar al sector público y privado para desarrollar programas de capacitación que busquen reducir la brecha digital e invertir en investigación y desarrollo de esta tecnología. Lo anterior con el fin de digitalizar la agricultura primaria y la agroindustria y así promover el desarrollo económico y social (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022).

El desarrollo de este estudio se propone por medio de información cuantitativa, para observar la actualidad del Internet de las cosas en el mercado agrícola nacional, evaluando cómo la implementación y el uso de estas tecnologías ayudarán al progreso de esta industria en el futuro. Aunque el Internet de las cosas es un concepto que abarca muchas áreas dentro del campo de la agricultura, la investigación debe enfocarse en aquellas que beneficien directamente al productor nacional con base en las necesidades y recursos disponibles. Es importante delimitar el estado actual y determinar las tecnologías acordes a la realidad del país, siempre en busca de la innovación para impulsar el desarrollo humano.

Pregunta de investigación

¿Cómo la implementación y uso del Internet de las cosas está transformando el presente y futuro de la agricultura en Costa Rica?

Objetivo general

Evaluar cómo la implementación y uso del Internet de las cosas está transformando y beneficiando el presente y futuro del sector agrícola en Costa Rica.

Objetivos específicos

1. Justificar cómo la implementación de invernaderos inteligentes favorece al aumento y calidad de los cultivos, mediante el control de los factores ambientales a través de la intervención automática o mecanismos de control proporcional.
2. Valorar cómo la importancia del monitoreo de condiciones climatológicas mediante el uso de sensores remotos resulta útil para la toma de decisiones que se relacionan con la fisiología y mejora de los cultivos, así como en la calidad y cantidad de estos.
3. Evaluar cómo el análisis predictivo que se basa en datos ayuda a producir más y mejores productos mediante el uso de sensores de suelo, monitoreo aéreo por medio de drones y mapeo de fincas para comprender las dependencias entre las condiciones del suelo y el ambiente y la calidad de los cultivos.
4. Compilar casos de éxito de la implementación y uso del Internet de las cosas en el sector agrícola que ayudan a optimizar los procesos de cultivo de alimentos, lo que asegura altos rendimientos, rentabilidad y protección del ambiente.
5. Deducir mediante la aplicación de técnicas de recolección de datos cómo las aplicaciones de Internet de las cosas en la agricultura optimizan a las operaciones agrícolas convencionales para satisfacer las crecientes demandas y disminuir las pérdidas de producción.
6. Estimar cómo la aplicación de Internet de las cosas en la agricultura tiene el potencial de aumentar, tanto la eficiencia operativa de los agricultores como el rendimiento de la tierra.

Forma de alcanzar los objetivos

Para alcanzar los objetivos del estudio se llevó a cabo una revisión bibliográfica en diversas bases de datos, como Ebsco y Google Scholar, así como sitios web oficiales. Se verificó que el contenido fuese confiable y veraz y que contribuyera con el análisis requerido. Se consideraron artículos provenientes de organizaciones internacionales reconocidas como IEEE, CSA-IoT, Future-IoT y la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Además, se consultaron estudios preparados por universidades y autores independientes que abordan el tema del uso del Internet de las cosas en la agricultura. Las encuestas dirigidas a actores claves en el tema de estudio representan fuentes primarias de información requeridas para el desarrollo del presente trabajo.

Revisión bibliográfica

García *et al.* (2020) en su publicación indican que se debe considerar la existencia de cada vez más dispositivos inteligentes que personas y a diario aumentan los usuarios conectados a Internet de diferentes formas, incluso las 24 horas del día. Por lo tanto, la dependencia a estos objetos electrónicos crece exponencialmente, así como el uso de monitores de ejercicio y salud, lectores de libros, tabletas, asistentes personales, entre otros. Oracle (2022) describe el Internet de las cosas (IoT) como:

La red de objetos físicos, o cosas, que están integrados con sensores, software y otras tecnologías con el fin de conectar e intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas a través de Internet. Estos dispositivos van desde objetos domésticos comunes hasta herramientas industriales sofisticadas. Con más de 7 mil millones de dispositivos IOT conectados en la actualidad, los expertos esperan que este número aumente a 10 mil millones para 2020 y 22 mil millones para 2025 (s. p.).

Adicionalmente, según Oracle (2022):

En los últimos años IOT se ha convertido en una de las tecnologías más importantes del siglo XXI. Ahora es posible conectar objetos cotidianos (electrodomésticos de cocina, automóviles, termostatos, monitores para bebés) a Internet a través de dispositivos integrados, además es posible una comunicación fluida entre personas, procesos y cosas. Por medio de la computación de bajo costo, la nube, los grandes datos, el análisis y las tecnologías móviles, las cosas físicas pueden compartir y recopilar datos con una mínima intervención humana, donde en un mundo hiperconectado, los sistemas digitales pueden registrar, monitorear y ajustar cada interacción entre las cosas conectadas.

Las soluciones de IoT se pueden aplicar a numerosos dominios y entornos, según la publicación de Lampropoulos *et al.* (2019), donde categorizan de acuerdo con su dominio de aplicación. Estos se describen a continuación:

- Dominio de transporte y logística: las aplicaciones de este dominio incluyen logística, conducción asistida, boletos móviles, monitoreo ambiental, mapas aumentados, etc.
- Dominio de la atención médica: las aplicaciones de este dominio implican el seguimiento, la identificación, autenticación, recopilación de datos, detección, etc.
- Dominio de entorno inteligente: las aplicaciones de este dominio incluyen hogares/oficinas cómodas, plantas industriales, agricultura, museos y gimnasios inteligentes, etc.
- Dominio personal y social: Las aplicaciones de este dominio implican redes sociales, consultas históricas, pérdidas y robos, etc.
- Dominio futurista: las aplicaciones de este dominio incluyen transporte público automatizado, modelo de información de la ciudad, salas de juego mejoradas, etc.

Aunado a lo anterior, el concepto de industria 4.0 debe asociarse directamente a las innovaciones propias del Internet de las cosas. La publicación de Peralta *et al.* (2020) indica que la industria 4.0 se refiere a la llamada cuarta revolución industrial o también fábrica inteligente o Internet industrial. Este concepto se aplica al Internet de las cosas como un sistema completo que proporciona tecnologías y herramientas que ayudan a fortalecer la integración de la industria, lo que permite una mejora gradual en los sistemas. Surge de la revolución tecnológica impulsada por el desarrollo de los sistemas, la conectividad y la convergencia del mundo virtual y físico.

Además, se enfoca en la automatización industrial y se basa en la recolección de datos de los procesos relevantes en tiempo real, utilizando herramientas inteligentes (sensores, programas de recolección de datos) y sistemas de identificación encargados de captar, transportar e interpretar esos datos. Aplicado a los procesos productivos y sus principales aspectos de fabricación, este concepto cuenta con un amplio enfoque en el uso de herramientas y estrategias de gestión mediante el uso de plataformas, las cuales facilitan, automatizan e implementan el flujo de los procesos y es así como se obtiene el máximo rendimiento y optimización.

Una de las primeras técnicas de agricultura beneficiadas por la evolución tecnológica son los invernaderos. Estos, de acuerdo con Quintero (2021), surgen de la necesidad de controlar algunos factores ambientales para minimizar el impacto del clima en los cultivos. Para esto, se construyen estructuras que permiten el desarrollo de agricultura protegida y consiste en una estructura metálica o de madera cubierta con plástico o vidrio. No obstante, estas estructuras pueden optimizarse todavía más y es que según Flores (2022):

Los invernaderos inteligentes son el resultado de la implementación del Internet de las Cosas en la agricultura tradicional, generando un espacio controlado y automatizado el cual es capaz de regular las variables de su interior para mantenerlas siempre óptimas para el cultivo (p. 33).

La principal forma para implementar esta tecnología en los cultivos es mediante la adecuación de sensores. Estos se conceptualizan como dispositivos eléctricos diseñados para medir y capturar información del entorno, abarcando variables como la temperatura del aire, ventilación, intensidad lumínica, humedad, calidad del suelo, entre otros. De acuerdo con Pérez (2019):

Lo que buscan es facilitar el trabajo del agricultor a partir de la generación de información en tiempo real para tomar decisiones acertadas con el fin de optimizar el cultivo, mitigar los impactos exógenos que puedan afectar las plantas, controlar su producción de manera precisa y, por tanto, obtener mayores beneficios económicos (p. 136).

Aunado a lo anterior, las diferentes aplicaciones de Internet de las cosas en la agricultura se basan en el uso de sensores y la lectura de la información que los agricultores realizan para la toma de decisiones. Según Cornejo-Velázquez *et al.* (2019) para el despliegue de dispositivos de Internet de las cosas (IoT) en los campos agrícolas:

Deben considerarse características específicas del sitio físico del entorno donde se instalarán.

Las características físicas y biológicas de los cultivos al igual que los obstáculos físicos y artificiales presentes en los ecosistemas agrícolas condicionan el diseño de sistema IOT y afectan su implementación y operación (p. 63).

Continuando con el análisis descrito por Cornejo *et al.* (2019):

Para realizar las tareas de monitoreo los nodos deben ser habilitados con sensores específicos en correspondencia con las variables de interés para el sistema IOT. Los sensores pueden ser digitales o analógicos y permiten medir la temperatura ambiental, humedad en el ambiente, presión atmosférica, radiación solar, velocidad del viento, dirección del viento, humedad del suelo, temperatura del suelo, detección de lluvia, cantidad de lluvia, luminosidad y dióxido de carbono entre otros (p. 65).

Asimismo, los sensores remotos de monitoreo climatológico forman parte de una arquitectura de sistema de Internet de las cosas definido muchas veces por capas. Estas tienen funciones específicas y que se relacionan entre sí, las cuales conforman el proceso de extracción y análisis de la información para decisiones oportunas que se relacionan con los cultivos.

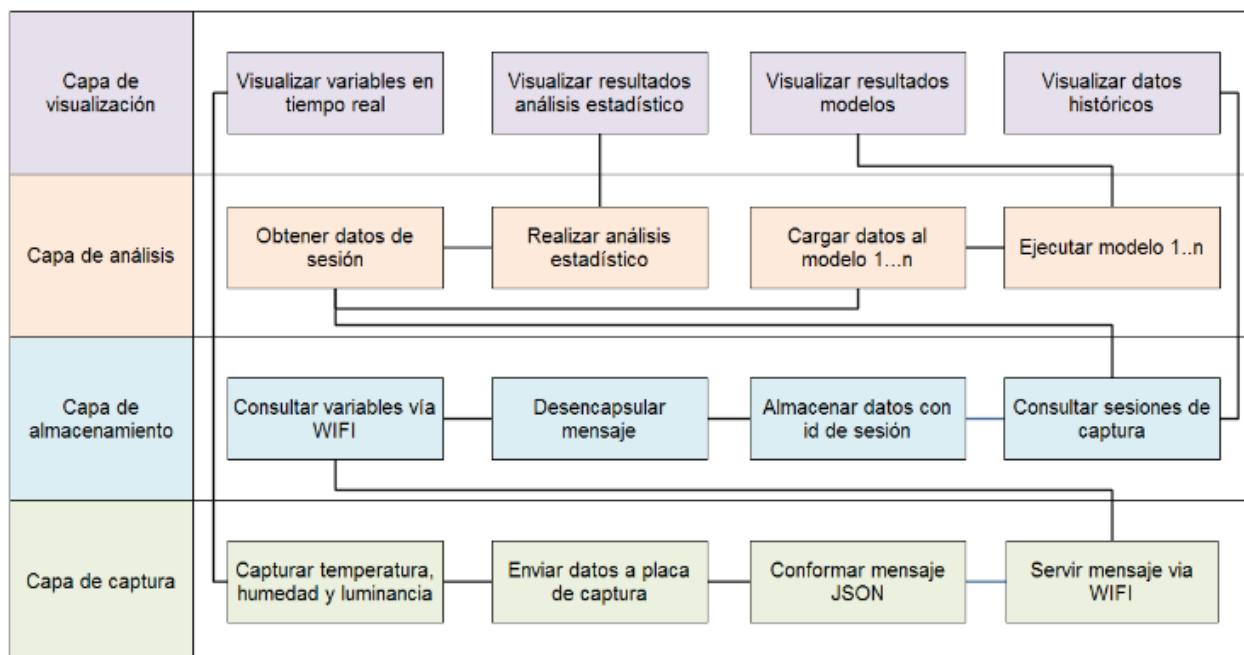
Chanchí-Golondrino *et al.* (2022), proponen, mediante la Figura 1, una arquitectura de Internet de las cosas para monitorización y el análisis de variables de interés en cultivos de agricultura y detallan lo siguiente:

En la capa de captura, a través del uso de diversos sensores articulados al cultivo urbano, se obtienen los datos asociados a las variables climáticas de temperatura, humedad y luminancia, los cuales son enviados a una placa de captura de hardware libre, dentro de la que se conforma un mensaje JSON con los datos de las variables y se sirven dichos mensajes a través de Wi-Fi mediante peticiones HTTP. En este sentido, la placa cuenta con las posibilidades de implementación de un mini servidor web, que recibe y atiende peticiones desde las diferentes capas de la arquitectura. Desde la capa de almacenamiento, se realiza de manera periódica la consulta de las variables de interés a la placa de captura vía Wi-Fi y a través de peticiones HTTP, de tal manera que una vez obtenido el mensaje JSON con los datos de las variables de interés, dicho mensaje es desencapsulado y almacenado en una base de datos no relacional, usando un identificador para la sesión de captura, el cual es útil para realizar procesos de consulta del histórico de las sesiones. En este sentido, dentro de esta capa están comprendidos los procesos relacionados con la consulta de los datos de cada sesión de captura, los cuales son utilizados en la capa de análisis y visualización. En la capa de análisis en primera instancia se carga el conjunto de datos correspondientes a una sesión en particular, de tal modo que sobre las variables de una sesión de captura es posible realizar un análisis basado en medidas estadísticas (media, desviación estándar, mínimo, máximo), así como aplicar modelos de aprendizaje supervisado y no supervisado, haciendo énfasis —en este caso— en los modelos de agrupamiento, los cuales permiten analizar la distribución de las variables entre sí o con respecto a valores típicos de referencia correspondientes a cada cultivo. Finalmente, en la capa de visualización es posible presentar de manera gráfica al usuario

final la fluctuación de las variables capturadas (temperatura, humedad, luminancia) en el tiempo, así como los resultados gráficos de la aplicación de los modelos de agrupamiento o clustering. Del mismo modo, en esta capa se presentan los resultados del análisis basado en estadística descriptiva, así como los resultados asociados a la consulta del histórico de los datos capturados (p. 262).

Figura 1

Vista funcional de la arquitectura de IoT para monitoreo climático agrícola



Fuente: Chanchí-Golondrino *et al.* (2022).

Otro de los puntos altos del Internet de las cosas en los cultivos es el análisis predictivo. Según IBM (2019), esta es una rama del análisis avanzado que: “Hace predicciones sobre resultados futuros utilizando datos históricos combinados con modelos estadísticos, técnicas de extracción de datos y aprendizaje automático. Las empresas emplean la analítica predictiva para encontrar patrones en estos datos para identificar riesgos y oportunidades” (s. p.).

Por otra parte, Gagana *et al.* (2020) exponen en su publicación que el análisis de datos es una tecnología que facilita recopilar conjuntos de datos tan grandes y complejos, los cuales se vuelven difíciles de clasificar utilizando herramientas de administración de bases de datos o aplicaciones de procesamiento de datos tradicionales. Adicionalmente, Gagana *et al.* (2020) mencionan las siguientes ventajas e impacto del uso del análisis predictivo en la agricultura:

- Proporciona información sobre diversos factores como fertilizantes y variedades de semillas.
- Habilita la posibilidad de pronosticar el tiempo.

- Supervisa y evalúa la cadena de suministro y su gestión.
- Aumenta la productividad.
- Optimiza el uso de los recursos.
- Minimiza el gasto agrícola.
- Asegura la máxima satisfacción del consumidor final.

El desarrollo de prácticas sostenibles de manejo de cultivos ha sido un tema central en la investigación agrícola durante décadas. En el futuro próximo es necesario mejorar la eficiencia en el uso de los recursos de los sistemas agrícolas para cumplir con los requisitos actuales, desafíos y necesidades futuras. Aunque la agricultura y los sistemas de producción de alimentos han evolucionado de manera significativa a través de los años, actualmente los avances tecnológicos en agricultura presentan una oportunidad única para abordar los desafíos de las próximas generaciones (Jung *et al.*, 2021).

Con respecto a las redes de sensores de tecnología de Internet de las cosas, estas están constituidas por dispositivos que se encuentran distribuidos, de manera que permiten monitorear parámetros físicos o ambientales en un área de interés, mediante la comunicación entre los equipos. Entre los diversos parámetros y sensores existe una clasificación según la variable física por medir, la cual se expone en la Tabla 1 a continuación (Cunduri y Dávila, 2022):

Tabla 1

Tipos de sensores inteligentes para análisis de suelo

Sensores	Algunos ejemplos
Posición, velocidad y aceleración	Potenciómetros, GPS, acelerómetros.
Nivel y profundidad	Resistivos, ultrasónicos, ópticos.
Humedad y temperatura	Termistor, termopar, humedad específica.
Fuerza y deformación	Piezorresistivos, piezoeléctricos.
Flujo y presión	Diferencial, absoluta, turbina.
Color, luz, visión	Fotorresistencias, con base en filtros, CCD.
Gas y PH	Sensores para medición de acidez, PH, Gas
Biométricos	Receptor, enzimático.

De corriente	Transformadores, con base en ley de Ohm.
--------------	--

Fuente: Cunduri y Dávila (2022).

Pese a que mucha de la tecnología aplicada a la agricultura abarca sensores y dispositivos físicos dentro del campo, los drones son tecnología que también ayuda mucho al monitoreo. Estos son equipos de alta gama que se encuentran en constante evolución y su aplicación se ha extendido a los diferentes campos del conocimiento humano, en las ciencias e ingenierías, especialmente, en la agricultura de precisión (Pino, 2019).

En el mercado hay diversos tipos de drones para la agricultura, como lo menciona Pino (2019): “Los más utilizados son el multirrotor-cuadrícóptero (tiempo de vuelo de 30 minutos y cobertura de 65 ha) y el de ala fija (tiempo de vuelo de 30 a 90 minutos y cobertura de 120 a 3.800 ha)” (p. 77). Por otro lado, las fotografías que se capturan deben estar geolocalizadas, esto para que se ubiquen exactamente para ser sobrepuestas y, a partir de esto, formar el mapa de la plantación en análisis.

Según Ríos (2019), entre las ventajas más importantes de usar la tecnología de drones agrícolas se puede mencionar la monitorización, mapeo y topografía a gran escala de los cultivos. Gracias a ellos es posible obtener imágenes en tiempo real y también algunas animaciones que recogen la progresión de los cultivos y con esto se pueden generar datos fiables que brindan un excelente panorama general del estado del cultivo. Con esta tecnología se puede determinar:

- La distribución de la tierra según el cultivo.
- La etapa del ciclo de desarrollo del cultivo en tiempo real.
- Mapas georreferenciales detallados del área de cultivo.

Otra de las ventajas es la monitorización y manejo de riegos, ya que usualmente en el momento de aplicar el riego al cultivo pueden surgir algunos problemas. Los drones ayudan a solucionar estos inconvenientes, pues se pueden equipar con cámaras térmicas que permiten detectar problemas en el riego y también determinar aquellas zonas en las que existe un exceso o déficit de humedad mediante sensores infrarrojos, que son capaces de medir el grado de estrés hídrico de las plantas. Si se realiza una monitorización eficaz del estado hídrico de los cultivos, se obtiene una gran optimización del uso del agua en la agricultura, así como su desarrollo y producción final (Ríos, 2021).

Es importante destacar que los cultivos también pueden sufrir enfermedades y, para esto, hay drones que ayudan a controlarlas. Existen drones con sensores que permiten observar los diversos espectros de colores en los cultivos, que pueden determinar o detectar durante el proceso de crecimiento alguna enfermedad, bacteria o daño que tenga el cultivo (Barraza *et al.*, 2019).

Al final, lo que se busca de la recolección de imágenes de los drones es generar ortomosaicos, que consiste en organizar, unir y calibrar de manera muy precisa estas imágenes, de forma que al basarse en una posición registrada por un GPS incorporado en el dron y teniendo en cuenta el traslape, cada imagen tiene una región en común y esto hará posible crear un mapa del recorrido realizado por el dron. Estas son solo algunas de las muchas características que un dron puede llevar a cabo para el control de los cultivos (Aldana, 2020).

Por otra parte, existen muchas otras tecnologías que ayudan a que la agricultura sea más eficiente y precisa, como la inteligencia artificial. Sin embargo, a continuación, se pueden mencionar algunas limitantes que hay que tomar en cuenta para su uso (Bonilla *et al.*, 2021):

- Tiempo de respuesta y precisión: Capacidad para ejecutar tareas con precisión en muy poco tiempo.
- Método de implementación: Este debe definirse adecuadamente en cuanto a la velocidad y precisión.
- Flexibilidad: Los sistemas de inteligencia artificial deben ser flexibles y escalables para utilizarse en cualquier entorno, en este caso en el sector agrícola.

Además, existen muchos beneficios cuando se lleva a cabo un uso correcto de la inteligencia artificial. Por ejemplo, el que expone León (2019), que se refiere a la detección y enmascaramiento automático de nubes presentes en las imágenes obtenidas por diferentes satélites, en donde se utilizó una de las muchas tecnologías que brinda la inteligencia artificial, como las redes neuronales, las cuales se entrenaron para reconocer los diversos tipos de nubes y así calcular los porcentajes en cada escena del satélite. Este cálculo antes se tenía que desarrollar manualmente y en la actualidad se hace de forma automática.

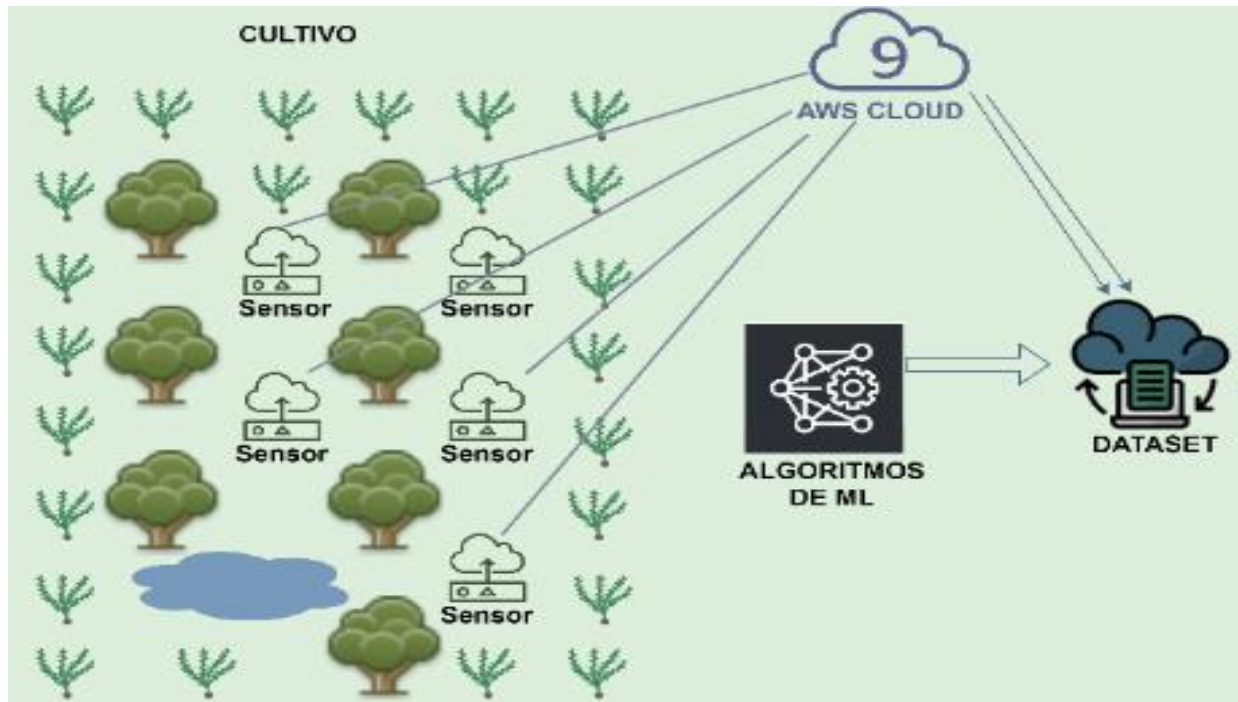
Otra de las tecnologías que han llegado a mejorar el proceso de la agricultura es el aprendizaje automático. En la Figura 2 se puede observar un esquema bastante sencillo sobre cómo funciona esta tecnología en la agricultura, en donde los sensores son los que se encargan de enviar los datos al servidor de las condiciones en que se encuentra el cultivo. Las tareas que más han visto beneficios de estas automatizaciones se detallan a continuación (Ponte *et al.*, 2021):

- Agricultura: En donde se puede predecir la condición y el tipo de cultivo que se adapte mejor a un tipo de suelo y entorno particular en específico, lo que ayuda al agricultor a tener un control más completo de su cultivo.
- Ganadería: Se puede obtener la ubicación de los animales, lo que evita la pérdida a través de imágenes aéreas y en tiempo real, captadas con cámaras especializadas. Todo esto con el fin de ayudar a los ganadores a ubicar fácilmente sus animales y realizar un conteo diario para no ser un blanco fácil del hurto pecuario.

- Hidrología: Permitiendo la optimización del uso del agua para los sembradíos y también para el consumo humano en épocas en donde el agua es escasa, ahorrándola y manteniendo un balance en tiempos de sequía con la ayuda del aprendizaje automático.

Figura 2

Aplicación del aprendizaje automático a la agricultura



Fuente: Ponte *et al.* (2021).

En síntesis, la agricultura ha tenido un cambio significativo en los últimos años, los agricultores empezaron por emplear algunas técnicas y tecnologías agrícolas de alto nivel, con el fin de mejorar la eficiencia de su trabajo diariamente. Además, se desarrollan y utilizan aplicaciones para dispositivos móviles donde toda esta captura de información (datos que se relacionan con el comportamiento del suelo, del cultivo, conducta de animales, maquinaria y otros) se envía a sistemas de información para su monitoreo y análisis y a partir de esto, los agricultores puedan ver los resultados de estos análisis, ver qué sucede en el campo y tomar las mejores decisiones y acciones.

Por otra parte, también hay muchas empresas de todo el mundo que han comenzado a intensificar sus esfuerzos para acelerar el uso del Internet de las cosas en la agricultura, porque han podido percibir los beneficios que generan. El Internet de las cosas en la agricultura no es algo nuevo, ya que creció de forma exponencial y cada día existen más dispositivos conectados a la red, por lo que su vinculación es inherente para intentar obtener las bases necesarias para construir proyectos sustentables en el sector agrícola con estas nuevas tecnologías (Espinoza *et al.*, 2019).

Metodología

Sánchez y Murillo (2021) mencionan que:

Las metodologías tienen la finalidad de resolver problemas, bajo reglas de validez y aceptación, cobijadas por el método científico y que estas metodologías se pueden adaptar a problemáticas de aprendizaje que, sin duda alguna, pueden solucionarse o disminuirse, al asignar un rol de investigador mediante un proceso a través del cual se genera conocimiento de la realidad con la intención de explicarla, comprenderla, y transformarla, de acuerdo con las necesidades materiales y socioculturales que cambian vertiginosamente (s. p.).

Según Hernández *et al.* (2018), la investigación se define como: “Un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema” (p. 37). Aunado a esto, Hernández *et al.* (2018), mencionan que para que una investigación sea correcta, se deben plantear y responder: “El propósito y/o los objetivos, las preguntas de investigación, la justificación y la viabilidad, una exploración de las deficiencias en el conocimiento del problema, así como la definición inicial del ambiente o contexto” (p. 358).

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, esto según Hernández *et al.* (2018), ya que esta:

Representa un conjunto de procesos que es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no es posible eludir pasos. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables, se traza un plan para probarlas (diseño), se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones (p. 4).

Además, Sánchez Molina *et al.* (2021) señalan que: “La investigación bajo este enfoque tiene mayor preocupación por los procedimientos analíticos, es decir, por la fragmentación y el estudio de las partes que constituyen el todo social y tiene predominio del método hipotético” (s. p.). Asimismo, permite comprender la penetración, uso e implementación del Internet de las cosas en la agricultura, pues es un tema poco explorado y acerca del cual existe poca información en Costa Rica. El estudio tiene un alcance descriptivo, esto se debe a que:

Se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente se pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables (Hernández *et al.*, 2018, p. 92).

Asimismo, según Hernández *et al.* (2018):

Para seleccionar una muestra, lo primero que hay que hacer es definir la unidad de muestreo/análisis (si se trata de individuos, organizaciones, periodos, comunidades, situaciones,

pie-zas producidas, eventos, etc.). Una vez definida la unidad de muestreo/análisis se delimita la población (p. 173).

Por lo tanto, para esta investigación se define como unidad de muestreo a personas agricultores y expertos en agricultura. La población delimitada comprende a todos los costarricenses, entre 25 y 35 años, residentes de la Gran Área Metropolitana y que trabajan activamente desde el año 2022 en el sector agrícola como dueños de cultivos, exportadores, o bien colaboradores en empresas que se dedican al cultivo de productos en el territorio nacional.

De acuerdo con Hernández *et al.* (2018): “La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población” (p. 175). Para el caso de los objetivos de este estudio investigación la selección de la muestra es no probabilística, ya que según Hernández *et al.* (2018): “Las muestras no probabilísticas, también llamadas muestras dirigidas, suponen un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación, más que por un criterio estadístico de generalización. Se utilizan en diversas investigaciones cuantitativas y cualitativas” (p. 176). Los mismos autores detallan que:

La ventaja de una muestra no probabilística —desde la visión cuantitativa— es su utilidad para determinados diseños de estudio que requieren no tanto una representatividad de elementos de una población, sino una cuidadosa y controlada elección de casos con ciertas características especificadas previamente en el planteamiento del problema (p. 190).

Como instrumento para recolección de datos se utiliza un cuestionario de preguntas cerradas con opciones de respuesta delimitadas previamente, el cual se dirige a expertos del problema que se planteó. Esto ya que según Hernández *et al.* (2018):

Los cuestionarios se utilizan en encuestas de todo tipo (por ejemplo, para calificar el desempeño de un gobierno, conocer las necesidades de hábitat de futuros compradores de viviendas y evaluar la percepción ciudadana sobre ciertos problemas como la inseguridad). Pero también, se implementan en otros campos. Por ejemplo, un ingeniero en minas usó un cuestionario como herramienta para que expertos de diversas partes del mundo aportaran opiniones calificadas con el fin de resolver ciertas problemáticas de producción (p. 217).

Para esta investigación se aplica el cuestionario a un total de 50 personas que se seleccionaron a criterio de las personas investigadoras con base en la muestra definida. En el Anexo A se presenta el instrumento y las preguntas que se plantearon.

Según Hernández *et al.* (2016), no en todas las investigaciones cuantitativas se plantean hipótesis. La formulación de la hipótesis depende del alcance inicial del proyecto. El alcance del estudio en curso es descriptivo por lo que se plantea la hipótesis con base en el marco teórico de la siguiente forma: en el sector agrícola nacional no existe la interacción con la tecnología disponible. Esto se debe a la falta de conocimiento, recursos, entrenamiento y, principalmente, a su baja implementación en el país.

Análisis de resultados

Con base en los resultados de las encuestas aplicadas a la población que se seleccionó de 53 personas del entorno agrícola nacional se lleva a cabo el análisis para debatir la pregunta de investigación que se planteó. Según Hidalgo (2019):

Gran parte del trabajo consiste básicamente en analizar una información que se nos presenta, en primera instancia, en forma descriptiva. El término análisis se entiende en doble perspectiva, una como un proceso de búsqueda de elementos o aspectos o configuraciones que caractericen y contextualicen los procesos o hechos estudiados. Y otra, como una simple lectura de unos resultados obtenidos. Lo anterior está relacionado con el hecho que el análisis de los datos depende, como se anotó anteriormente, de una serie de elementos, entre los cuales, los más importantes a considerar son:

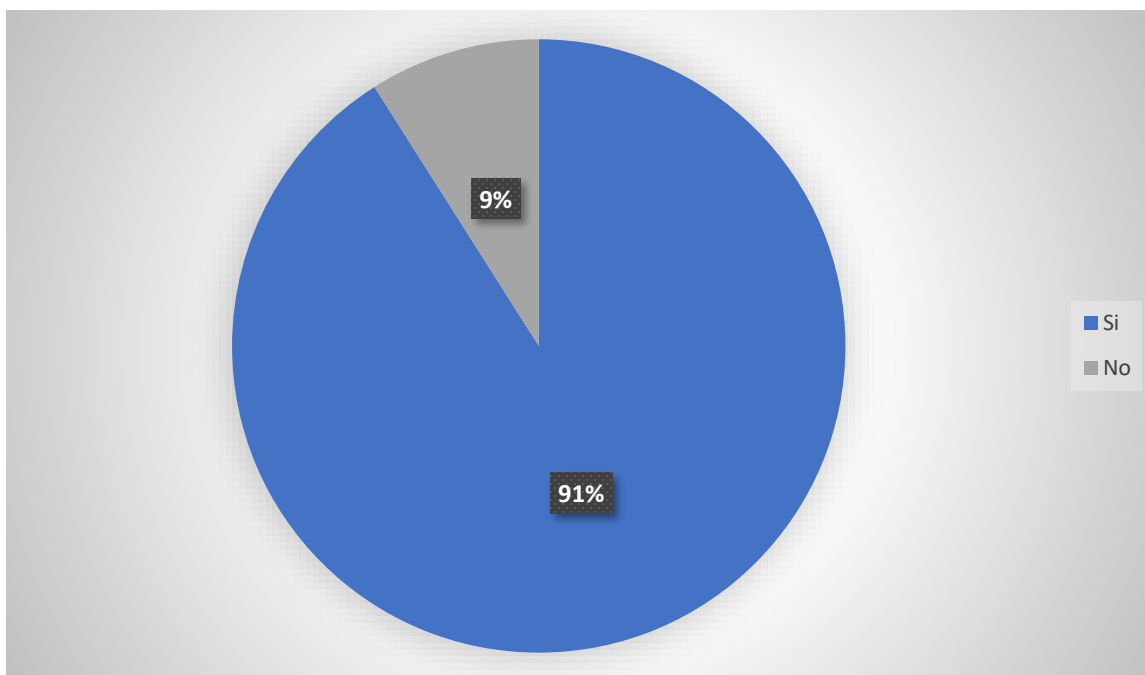
- Los objetivos del estudio.
- La hipótesis de investigación.
- La naturaleza o nivel de medición de las variables (s. p.).

La encuesta pretende deducir el conocimiento de la población sobre las tecnologías emergentes de Internet de las cosas en el campo agrícola, por eso, se definen las siguientes vertientes:

Según las encuestas realizadas, el 68 % de la población tiene conocimiento acerca de esta innovación tecnológica y solo un 8 % no conoce nada sobre el tema. Otro aspecto relevante se deduce al observar el alto porcentaje (89 %) de entrevistados que concuerdan con que la tecnología contribuye al día a día de los trabajadores. Se finaliza con que un 91 % de la población tiene conocimiento sobre la tecnología de Internet de las cosas aplicada a la agricultura, mediante el uso de drones, sensores inteligentes, sistemas de monitoreo remoto y análisis de datos para la toma de decisiones.

Figura 3

Conocimiento de la población entrevistada sobre tecnologías que ayudan a la mejora de las actividades agrícolas



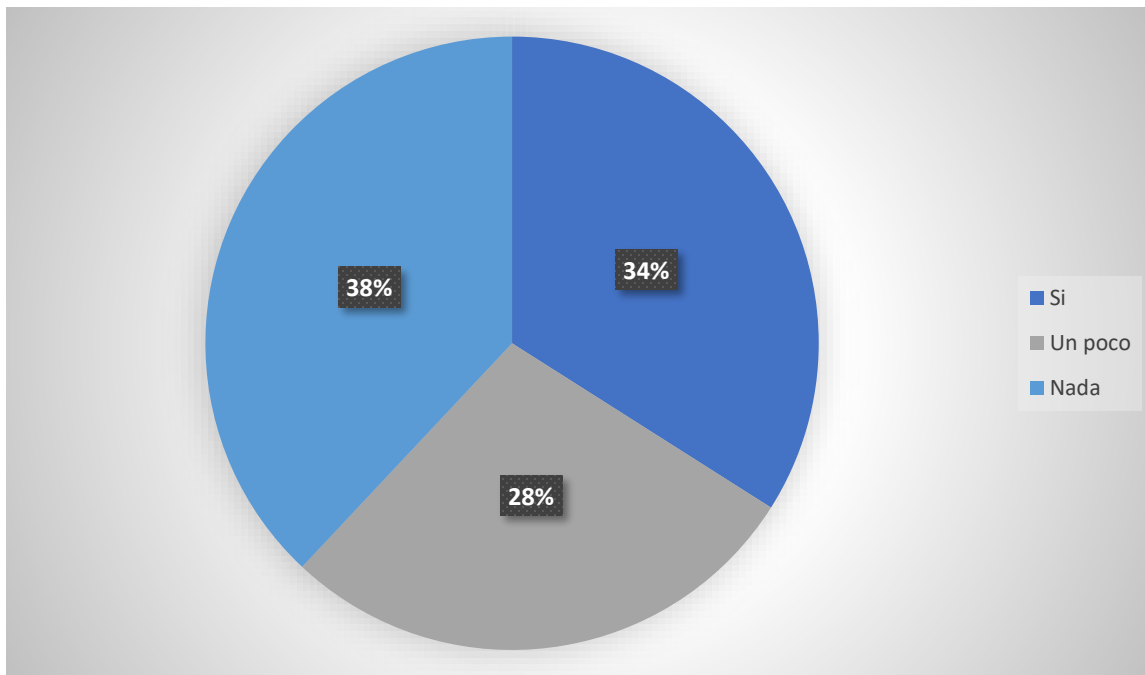
Otro punto a favor de la implementación del Internet de las cosas en el país y de su impacto en la agricultura se evidencia mediante resultados que indican que el 96 % de la población está de acuerdo en la importancia del uso de tecnología para fortalecer los cultivos nacionales y la producción.

Es importante mencionar que el Internet de las cosas como tecnología emergente se utiliza en muchas áreas en el ámbito comercial, industrial y doméstico. Además, es necesario resaltar que no se trata de una sola cosa u objeto, sino de una arquitectura compuesta de muchos componentes y dispositivos especiales que interactúan con el entorno para obtener información útil.

En este punto, la investigación requiere indagar sobre el conocimiento de los proyectos activos que se relacionan con la aplicación del Internet de las cosas en la agricultura y tiene los siguientes resultados:

Figura 4

Conocimiento de la población entrevistada sobre proyectos actuales en donde se utiliza algún tipo de tecnología en la agricultura (drones, sensores inteligentes, monitoreo remoto, análisis de datos)



En la Figura 4 se aprecia que solo un 34 % de la población conoce de los proyectos activos que se relacionan con Internet de las cosas en la agricultura, lo que demuestra que todavía existe mucho camino por recorrer para empezar a oír más sobre esta innovación. Sin embargo, un punto contrastante y, al mismo tiempo, positivo es la disposición de las poblaciones por conocer y, en general, por aprender más acerca del tema (Internet de las cosas) tomando en cuenta las tecnologías mencionadas. Lo anterior ya que el 94 % de los entrevistados está dispuesto a informarse más sobre esta relación tecnología-agrícola.

Otro punto que se aborda en la entrevista es el tema específico de los invernaderos inteligentes, tecnología que se adhiere a los invernaderos agrícolas y que permite mejor control de todos los aspectos fisiológicos de los cultivos.

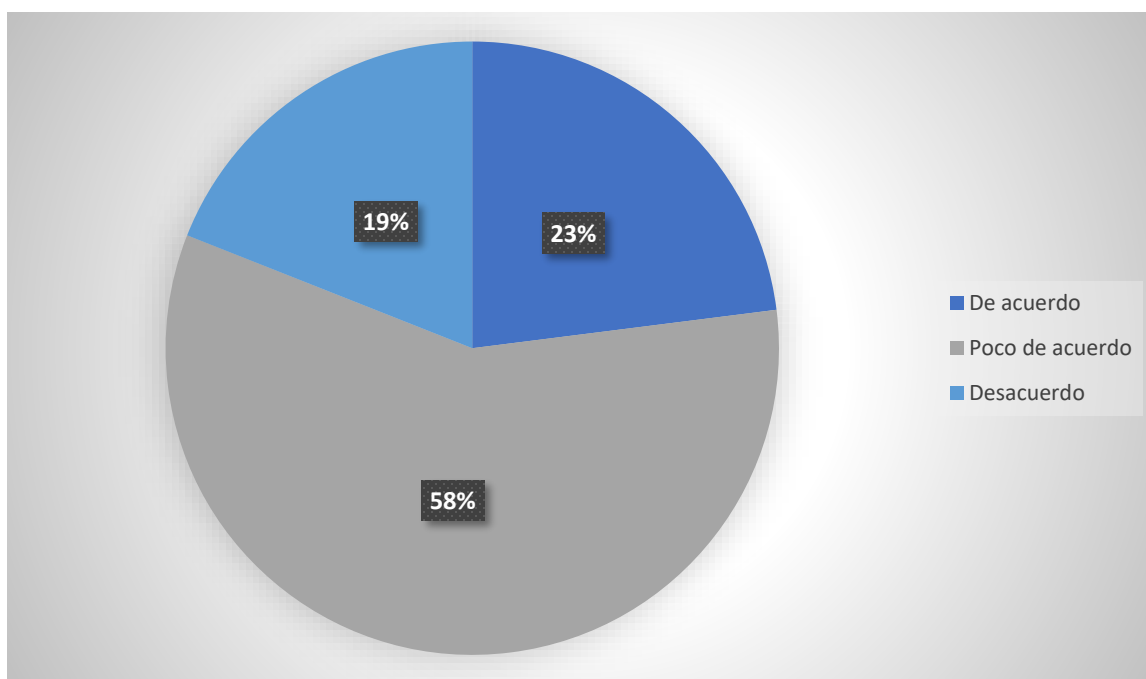
Según el estudio, solo un 25 % de la población entrevistada no se siente preparada para abordar y capacitarse en temas que se relacionan con los invernaderos inteligentes. A la vez, el 98 % de las personas con conocimientos en invernaderos indican que una ventaja tecnológica es el monitoreo remoto de las condiciones climáticas mediante el uso de una aplicación móvil. Por esto, se deduce que la población considera conveniente el uso de aplicaciones móviles que se conectan directamente con el Internet de las cosas para un monitoreo constante. Es importante mencionar que, del total de entrevistados, el 85 % cuenta con teléfonos inteligentes de marcas como Apple, Samsung

o Huawei, por lo que es factible un ecosistema tecnológico que abarque los campos agrícolas, oficinas y personas.

Por último, se pretende obtener la percepción de la población sobre la importancia que el país le da al tema principal de la investigación. Con una pregunta simple se obtienen los siguientes resultados, que evidencian que, según la población, el país no ha avanzado mucho.

Figura 5

Percepción de la población entrevistada sobre el avance en temas tecnológicos aplicados al sector agrícola nacional



En el ámbito de la población que se seleccionó que se basa en los criterios de la muestra, reuniendo expertos en la materia, se nota el desacuerdo sobre el avance tecnológico que se planteó. Es evidente que el país necesita dar a conocer más los proyectos en los que trabaja para hacer sentir parte a toda la población que requiere de esta tecnología para mejorar la productividad.

Según un artículo en línea publicado por Procomer (2021) y que se basa en un estudio hecho por la misma entidad, se identificó que parte de la industria metalmecánica y eléctrica y electrónica costarricense fabrica y exporta maquinaria para el sector agroalimentario, con aplicaciones tanto en cosecha como en procesamiento. Aunque esta oferta exportable ya permite una mayor tecnificación de los clientes y mejores resultados de productividad, es importante que los exportadores consideren incorporar tecnologías 4.0 con esta maquinaria y equipo.

Procomer (2021) también indica que, aunque esta tecnología todavía es incipiente para la mayor parte del sector, se proyectan crecimientos importantes, por lo que es recomendable que los exportadores profundicen en cuáles tecnologías se adaptan mejor a su maquinaria y a las necesidades de

los clientes. Incluso, en Costa Rica existen empresas que se relacionan con tecnologías 4.0, por lo que puede valorarse la generación de alianzas con estas compañías para el desarrollo de soluciones para la agricultura inteligente. Por otro lado, el 21 % de los clientes de bienes de las empresas de tecnologías 4.0 en Costa Rica son del sector agrícola, siendo el cuarto sector más importante en el portafolio de clientes.

Por ende, es claro que el sector agrícola es un pilar para la economía costarricense, por lo que, desde ese punto de vista, la implementación pronta de tecnología de Internet de las cosas, inteligencia artificial e incluso *big data* es urgente para atender, de manera adecuada, la demanda de estos servicios y productos.

Una de las iniciativas que se implementan desde el año 2021 está en manos de la Universidad Cenfotec y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), ya que, según un artículo publicado en la página web oficial del IICA (2021):

Implementaron una iniciativa busca desarrollar capacidades relacionadas con conceptos básicos de electricidad, electrónica e instrumentación, sistemas embebidos, sensores o actuadores y conceptos de hardware y software y su aplicación en el agro. Mediante el uso de IoT en la actividad agrícola se pretende integrar las labores de campo con software y equipos conectados a Internet, de manera que se agilicen y se hagan más eficientes y sostenibles los procesos productivos, con la posibilidad de tomar decisiones en tiempo real.

La formación virtual, por ahora solo disponible en español, consta de 17 meses y ofrece becas de un 50 % para personas jóvenes vinculadas al sector agrícola. El único requisito es contar con el bachillerato en educación media o su equivalente (s. p.).

El mismo instituto IICA trabaja desde 2020 junto con el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (Micitt) de Costa Rica y en alianza con Microsoft en un centro de innovación tecnológico dentro del sector agrícola que experimenta con: “El uso de la inteligencia artificial la realidad virtual y aumentada, Internet de las Cosas y otros recursos, así como su impacto en el bienestar de las familias que habitan en la ruralidad” (IICA, 2020, s. p.).

Entonces, aunque los resultados demuestran que la población en general no tiene conocimiento de iniciativas, proyectos y el avance de la materia en el país, sí existe mucha referencia sobre convenios entre organizaciones privadas, sin fines de lucro e incluso ministerios que dan una luz que puede guiar al sector agrícola a una evolución en temas tecnológicos. Lo anterior para aumentar la producción, ser más amigables con el ambiente y obtener mayor rendimiento del poco, pero productivo territorio destinado a la agricultura.

Discusión de resultados

El Internet de las cosas es un término muy utilizado en la actualidad. Se puede observar en el análisis de los resultados que solo un pequeño porcentaje de los entrevistados no conoce de este y es más un tema de desconocimiento del término, ya que, si se menciona su significado, que es la integración de las tecnologías de la información al Internet, como una refrigeradora, un teléfono

celular, televisores, entre otros, posiblemente el 100 % hubiera seleccionado sí en la respuesta. Como lo mencionan Vite *et al.* (2020) el Internet de las cosas no es más que un proceso en donde se lleva a cabo la recolección de datos y, a partir de esto, se pueden tomar decisiones en el campo para la mejora de los procesos.

A nivel de discusión respecto a los invernaderos inteligentes, estos están destinados para aumentar la productividad y al final automatizar la mayor parte de las actividades agrícolas. Según los resultados, en Costa Rica hay muy poca información acerca de los invernaderos inteligentes, ya que solo una pequeña parte de las personas entrevistadas conoce acerca de estos tipos de implementaciones, a la vez, existen casos de éxito, sin embargo, la implementación en el país es bastante baja en comparación con otros. Además, se puede detallar que el sector agrícola está con la disposición para aprender más acerca de esta tecnología y utilizar aplicaciones móviles para realizar el control de sus cultivos de una forma remota. Mucho de este desconocimiento es la falta de información y también que el país no ha avanzado ni invertido lo suficiente en tecnología agrícola.

De acuerdo con Sierra y Cepeda (2019), en Costa Rica se elaboró el *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas y de Producción para el Cultivo de la Fresa* con el objetivo de:

Establecer las buenas prácticas agrícolas y de producción en el cultivo de fresa, necesarias para asegurar un producto sano e inocuo, libre de contaminantes que pueden causar daño a la salud del consumidor y de plagas capaces de ocasionar problemas fitosanitarios y afectar la calidad comercial del producto (p. 37).

En ese manual se menciona el uso de tecnologías inteligentes en el ciclo de vida de los sembradíos. Sin embargo, es de los pocos estudios donde se puede corroborar el uso de invernaderos inteligentes en la agricultura de Costa Rica.

La mejora de los cultivos, así como en la calidad y cantidad de estos, se relaciona con muchos factores y uno de ellos es el monitoreo de condiciones climatológicas mediante sensores remotos. Como bien se conoce, la cosecha depende de factores como la tierra, el agua y el clima, por lo que conocer la fisiología para la mejora de los cultivos es un tema en el que toda la población está en acuerdo, según se indica en la recolección de datos realizada. Esto ya que, en la actualidad, existen sensores inalámbricos instalados en los suelos para brindar la información al agricultor, pero antes, todos estos análisis se realizaban con el conocimiento empírico de las personas que se desarrollan en el nicho agrícola (Padrón y Brito, 2022).

Por otra parte, como lo mencionan Gallardo *et al.* (2020) los drones se definen como sistemas completos integrados por el vehículo aéreo no tripulado, la estación de control en tierra y el enlace de comunicación. Asimismo, cuentan con cámaras infrarrojas y aplicaciones de fotogrametría para su uso correcto. En la actualidad, se puede hablar mucho de este tipo de tecnología, además de que es bastante útil para diversas ramas, pero como se puede verificar en el análisis, al mencionar a los entrevistados acerca del conocimiento de los drones que se utilizan en la agricultura los mismos contestaron de forma afirmativa, sin embargo, cuando se mencionan proyectos en el país que usan

está tecnología las respuestas fueron negativas, ya que no tienen mucho conocimiento del uso de drones en proyectos nacionales. Por lo tanto, se puede deducir que en Costa Rica no son muy utilizados y, de acuerdo con la investigación realizada, en otras partes del mundo es de las tecnologías más comunes y de las que más se emplean en el sector agrícola.

Los teléfonos inteligentes los utiliza la mayoría de la población mundial en la actualidad, ya que tienen muchas tecnologías como un alto rendimiento de procesamiento, como el wifi, Bluetooth, NFC, GPS, cámaras, acceso a Internet y más en un dispositivo sumamente pequeño, algunas veces conocido como *computadora de bolsillo*. Del análisis se deduce que las personas involucradas en procesos agrícolas cuentan con una diversidad de dispositivos inteligentes (teléfonos móviles) que las organizaciones que desarrollan aplicaciones de *software* en el país deben tomar en cuenta para todos los sistemas operativos disponibles, tanto para Android como para iOS u otros sistemas que han emergido en los últimos años. Además, todos mencionan que les gustaría observar toda la información en su teléfono móvil que tiene que ver con sus cultivos y sembradíos, como temas de humedad, revisión de cámaras, drones y todos los datos que se puedan tener al alcance de la mano, por lo que se puede deducir que también todos tienen la disposición de usar tecnología para la mejora de sus procesos.

Sin embargo, todavía existe un temor de la población para afrontar temas que se relacionan con otras tecnologías como hacer todo un invernadero automatizado e inteligente, lo que se considera un poco contradictorio, pues tienen la disposición de usar tecnología, pero no se sienten preparados para abordar estos tipos de temas e implementaciones. Esto se debe a la falta de proyección en cuanto al uso de la tecnología en el sector agrícola en Costa Rica, ya que no tienen muchos casos de uso o éxito a la mano para realizar comparativas y también que este nicho todavía se encuentra un poco a la vanguardia. Esto quiere decir que no se sienten preparados para dar el salto correspondiente a la automatización de sus procesos en la agricultura (López *et al.*, 2021). Muy similar a lo explicado por Cortes *et al.* (2021), la función de un dron es la siguiente:

Utilizar una aplicación ejecutándose en un teléfono inteligente capaz de controlar el vuelo de un dron, capturar imágenes, y transmitir las a través de una red inalámbrica; y otra aplicación (estación base) ejecutándose con la capacidad de recibir imágenes, procesarlas y ejecutar los algoritmos de estimación de posición usando las imágenes adquiridas (s. p.).

Todo esto llegó para mejorar el trabajo diario de las personas que trabajan en agricultura, ya que un trabajo muy pesado realizado por una persona puede ejecutarse por un dron de una forma rápida y eficiente. En este tema la mayoría de la población entrevistada concuerda, pues está claro que la tecnología ha ayudado a optimizar el día a día de las personas, tanto en el trabajo como en el ámbito personal.

En adición, se puede concluir que lo mejor para el futuro de la agricultura es empezar a conocer e implementar más de estas nuevas tecnologías y que ayudarán a simplificar el trabajo diario. Sin embargo, en el país el avance respecto a estos temas está muy retrasado. Además, se puede verificar según la investigación realizada que estas tecnologías en el ámbito agrícola siguen avanzando

alrededor del mundo y en el país también, pero a un ritmo más lento. Por este motivo, eventualmente poco a poco se empezarán a observar avances cuando se realicen análisis más rigurosos en donde se vea el efecto positivo de invertir en automatización de procesos y el retorno de inversión que estas tecnologías brindarán a un largo plazo.

Otro de los puntos más importantes que se discuten del análisis es el cambio de pensamiento que deben realizar los agricultores del país en la actualidad. El reto más grande es cambiar de una agricultura tradicional a una tecnológica, en donde la mano del ser humano no se ve tan involucrada a como se observaba antes. Esto no quiere decir que los seres humanos dejarán de intervenir, ya que la tecnología es un complemento, porque detrás de un análisis de datos, siempre debe existir un ser humano tomando las decisiones pertinentes para que en este caso la cosecha o sembradíos sean exitosos. Por lo tanto, hay que empezar por llevar a cabo un cambio en la cultura de este nicho para tener a la tecnología como un aliado más. A la tecnología se le conoce como la cuarta revolución industrial y es una revolución que nunca terminará de llegar, pues todos los días está en constante mejora y transformación, por lo que hay que aprender a adaptarse al cambio para obtener y observar las mejores ventajas y beneficios que esta ofrece.

Conclusiones y recomendaciones

Para comprobar y evaluar cómo la implementación y uso del Internet de las cosas está transformando y beneficiando el sector agrícola en Costa Rica, se concluye que, en el ámbito nacional, según la muestra que se utiliza, el concepto de IoT es de conocimiento de las personas, así como su aplicación, importancia y los beneficios que trae esta tecnología para el sector agrícola y cómo ayuda a interconectar objetos físicos equipados con detección, actuación y poder de cómputo. Por lo tanto, les brinda la capacidad a los usuarios de colaborar en una tarea conjunta mientras permanecen conectados a Internet. Sin embargo, también se puede concluir que no se tiene mucho conocimiento actualmente de los proyectos aplicados donde se utilice algún tipo de tecnología en la agricultura (drones, sensores inteligentes, monitoreo remoto, análisis de datos) en el país, pero se percibe un alto interés en ahondar en estos conceptos y facultades actuales.

Lo anterior de la mano de la computación en la nube se convertirá en un gran aliado para los agricultores para la mejora en los cultivos y tratamiento de los datos. Esto se debe a que la combinación de varias tecnologías como el Internet de las cosas y las redes inalámbricas de sensores inteligentes pueden llevar a la modernización de la agricultura mediante una red que recopila datos de diferentes tipos. Los datos recolectados proporcionan información sobre los diversos factores ambientales. Aunque monitorear los factores ambientales no es la solución completa para aumentar el rendimiento de los cultivos. Por lo tanto, la automatización debe implementarse en la agricultura para superar estos temas.

Entonces, para dar una solución a todos estos problemas es necesario desarrollar un sistema integrado que se encargue de todos los factores que puedan afectar la productividad en cada etapa de la agricultura. Debido a la importancia del suministro de alimentos para Costa Rica como para el mundo, se recomienda contar con soluciones tecnológicas que impacten positivamente la

producción, donde IoT es una forma de extender la tecnología a cualquier parte de la vida y se han desarrollado múltiples soluciones para mejorar los procesos productivos de alimentos, control de plagas, controlar las condiciones ambientales, monitoreo de los cultivos para generar alertas y crear soluciones completas que integran la tecnología a la agricultura (Pérez *et al.* 2019).

Además, después de la revisión literaria se recomienda que una forma de automatizar el proceso de cultivos en el país es mediante agricultura inteligente, la cual implica automatizar la detección de eventos por medio de sistemas informáticos, para que así se puedan eliminar posibles amenazas a los cultivos mientras se reduce la intervención humana. Este proceso incluye monitoreo del ambiente en tiempo real a través de una aplicación gráfica que controla el sistema de *hardware* y equipado con sensores, por ejemplo, sensores de temperatura, sensores de humedad y captura de fotos. Este sistema es una solución inteligente para la agricultura y resolverá, de manera eficiente, los problemas de los agricultores, ya que el ambiente no es una barrera para producción y crecimiento de cualquier planta y así superar problemas de escasez de producción agrícola.

En la publicación de Hassler y Baysal-Gurel (2019), se menciona que la tecnología de sistemas de aviones no tripulados o drones (UAS) puede proporcionar una resolución espacial a muy alto costo para una solución temporal. Es capaz de atravesar terrenos difíciles, sin embargo, muchas plataformas sufren tiempos de vuelo cortos, especialmente con grandes cargas útiles. Asimismo, la eficacia de los UAS puede depender mucho de las condiciones meteorológicas. Eso sí, una gran ventaja es la capacidad de volar en diferentes trayectorias e incorporar sensores de profundidad para crear mapas y modelos 3D precisos, pero debe tenerse en cuenta que estos tiempos de procesamiento fotogramétrico pueden ser muy extensos y requieren una gran cantidad de tiempo de cómputo cuando se usan imágenes de alta resolución.

Debido a lo anterior se concluye y se recomienda el uso de los UAS con la tecnología actual para tareas cortas, ya que son capaces de interactuar físicamente con el ambiente, realizando tareas como la recolección de muestras y la pulverización química. Del mismo modo, el UAS se puede conectar a una red existente para un enfoque integrado de la agricultura de precisión. Sin embargo, parte de esta tecnología y *software* de detección tiene un gran costo inicial. Por lo tanto, se debe tener el debido cuidado al calcular la compensación económica de usar UAS sobre otras opciones actuales.

Adicionalmente, se concluye que, aunque todavía está en sus inicios, los científicos e investigadores pioneros desarrollan sistemas y aplicativos con modelos de simulación de cultivos, inteligencia artificial (IA) y sensores remotos que se transportan por el aire para desarrollar aplicaciones de agricultura digital en áreas extensas. También se recomienda prestar mucha atención al desarrollo de equipos multidisciplinarios capaces de abordar diversos problemas en las disciplinas de ciencias biológicas, ambientales e informáticas. Además, dedicar esfuerzos a largo plazo para crear protocolos estándar de recopilación, procesamiento y análisis de datos. Como pieza central en el futuro de la agricultura basada en datos, no se puede subestimar la importancia de la calidad de los datos sin procesar lo que se pueda obtener de todas estas fuentes de datos por recolectar.

En el futuro, es necesario mejorar la eficiencia en el uso de los recursos de los sistemas agrícolas para enfrentar los desafíos actuales y las necesidades futuras. Aunque los sistemas de producción de alimentos y agricultura han evolucionado significativamente durante las últimas décadas, los avances tecnológicos en curso presentan una oportunidad única para abordar los desafíos de las próximas décadas e incluso acelerar los ciclos de reproducción en muchos cultivos.

Con respecto a los invernaderos inteligentes, se concluye que su uso e implementación permite contar con un mejor control del entorno donde crecen las plantas y se considera una técnica que mejora el rendimiento de cultivos, verduras, frutas, etc. Además, se consideran: “Útiles para aumentar la calidad y rendimiento de las plantaciones en algunas ubicaciones que, por motivos de localización geográfica, tiempo, temperatura no permiten la ubicación y plantación de estos cultivos” (Mañas Torres, 2019, p. 5). Se recomienda la implementación de mecanismos de control, ya sea manual o de control proporcional para evitar pérdidas de producción, de energía y aumento en costos de mano de obra mediante IoT y monitoreo inteligente que permite controlar y observar variables de temperatura, humedad del suelo, nivel de iluminación, etc. y evitar cualquier necesidad de intervención humana.

Finalmente, en la investigación realizada no fue posible encontrar casos de éxito dentro del territorio nacional, sin embargo, existen iniciativas que intentan abrir puertas para el desarrollo de estas tecnologías. En el ámbito de América Latina sí existen múltiples ejemplos, como la implementación de un sistema de riego por goteo mediante IoT en Colombia. De acuerdo con la publicación de Pérez *et al.* (2019), se desarrolló una página web dinámica realizada con PHP, HTML, JQuery, en la cual el agricultor puede activar y observar los sistemas de riego, temporizar los tiempos de activación y apagado del sistema. El dispositivo se llevó a cabo por medio de NodeMcu que es un *kit* de desarrollo de código abierto que se basa en el *chip* ESP8266 con conectividad wifi, un módulo SD para registro de datos, un sensor de temperatura y humedad DHT11, el cual utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante.

Para el desarrollo para la tarjeta Arduino se utilizó un diseño limpio para la plataforma a la cual los usuarios tendrán el acceso a la información capturada por los sensores de temperatura y humedad que transmitían los datos al NodeMcu. Se presenta una interfaz con un diseño muy simple y transparente donde se despliegan diagramas de agujas los cuales tienen movimiento una vez tenga la información de las variables requeridas que corresponde a la Ip del Arduino el cual permite conectarse para conocer el estado de las variables (Pérez, 2019, p. 131).

Este dispositivo se usa en un cultivo de mora mediante un riego de aspersión para tener un cubrimiento del 100 % del cultivo. Otro caso de éxito es el expuesto por Rosales Soto y Arechavala Vargas (2020), en el que se expone el uso de agricultura inteligente en México por medio del análisis de datos para mejorar la competitividad. El estudio hace énfasis en:

La importancia de aplicación del análisis de datos a través de inteligencia de agronegocios, con base en los datos abiertos agrícolas para la producción de cultivos hortofrutícolas en

México durante el periodo 2018-2019, como la producción del aguacate, tomate y frutos del bosque, destacando el desempeño gracias a la implementación de agricultura inteligente. Se utilizó el software Power BI para realizar un análisis de inteligencia de agronegocios, las bases de datos abiertas que ofrece el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2019), en el periodo de 2018-2019 (s. p.).

En la iniciativa se recolectaron resultados del análisis de producción de aguacate en 27 estados, la producción de tomate y sus tipos de variedades en todo el país y la expansión en la producción de frutos del bosque y se concluyó que:

El big data y la analítica de datos representan una oportunidad sin precedentes para encontrar nuevas formas de reducir el hambre y la pobreza, aplicando soluciones basadas en datos a las investigaciones en curso para el impacto del desarrollo. Por ello, el uso inteligente y efectivo de los datos generados con la implementación de la agricultura inteligente, será una de las herramientas más importantes para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (Rosales Soto y Arechavala Vargas, 2020, s. p.).

Referencias

- Aceros Orduz, D. (2020). *Prototipo de una ruta tecnológica para el IOT, enfocada en las tecnologías de riego, para los agricultores de pequeña escala en Colombia*. https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/11709/2020_Tesis_Daniel_Fabian_Aceros_Orduz.pdf?isAllowed=y&sequence=1
- Aldana, Y. A. (2020). Drones y procesamiento de imágenes, una alternativa a la erradicación de malezas. *Indagare*, 8, 235-241. <https://doi.org/10.35707/indagare/821>
- Barraza, J. A.; Espinoza, E. J.; Espinos, A. G. y Serracin, J. (2019). Agricultura de precisión con drones para control de enfermedades en la planta de arroz. *Revista de Iniciación Científica*, 5(1), 41-47. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v5.0.2368>
- Bonilla Segovia, J. S.; Dávila Rojas, F. A. y Villa Quishpe, M. W. (2021). Estudio del uso de técnicas de inteligencia artificial aplicadas para análisis de suelos para el sector agrícola. *Recimundo*, 5(1), 4-19. [https://doi.org/10.26820/recimundo/5.\(1\).enero.2021.4-19](https://doi.org/10.26820/recimundo/5.(1).enero.2021.4-19)
- Chanchí Golondrino, G. E.; Ospina-Alarcón, M. A. y Saba, M. (2022). Sistema IoT para el monitoreo de variables climatológicas en cultivos de agricultura urbana. *Revista Científica*, 44(2), 257-271. <https://doi.org/10.14483/23448350.18470>
- Cornejo Velázquez, E.; Romero-Trejo, H.; Acevedo-Sandoval, O. A. y Toriz-Palacios, A. (2019). Aplicación del Internet de las cosas en el sector agrícola. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 7(13), 62-67. <https://doi.org/10.29057/icbi.v7i13.4403>

- Cunduri Lema, S. R. y Dávila Morán, T. G. (2022). *Análisis del Internet de las cosas (IoT) aplicado en los parámetros de producción para los sectores acuícola y agrícola de los principales productos de exportación del Ecuador* (Bachelor thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales). <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/59918>
- Espinoza-García, M.; Álvarez-Martínez, G. y Chora-García, D. (2019). La perfecta combinación del Internet de las cosas y la agricultura de precisión. *Killkana Técnica*, 3(2), 29-36. https://doi.org/10.26871/killkana_tecnica.v3i2.533
- FAO en Costa Rica. (2021, 10 de agosto). *4.º Diálogo sobre Sistemas Alimentarios Sostenibles convocó actores para proponer soluciones basadas en innovación y nuevas tecnologías*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/costarica/noticias/detail-events/es/c/1430225/>
- Flores, J. (2022). *Implementación de un invernadero inteligente utilizando Internet de las cosas*. Universidad Autónoma de Aguascalientes. <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11317/2324/457397.pdf>
- Gagana, H. S.; Arpitha, H. M. y Gouthami, H. S. (2020). *Using Big Data Analytics in the Field of Agriculture: A Survey Published in International Journal of Trend in Scientific Research and Development*. ISSN: 2456 6470, 4(4), 441-443. <https://www.ijtsrd.com/papers/ijtsrd31015.pdf>
- Gallardo-Salazar, J. L.; Pompa-García, M.; Aguirre-Salado, C. A.; López-Serrano, P. M. y Meléndez-Soto, A. (2020). Drones: tecnología con futuro promisorio en la gestión forestal. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(61) <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i61.794>
- García Munguía, M.; Molina Ruiz, H. D.; Cornejo Velázquez, M.; Moreno Gutiérrez, S. S. y Alvarado Reséndiz, J. L. (2020). Internet de las cosas. *Tepexi Boletín Científico De La Escuela Superior Tepeji Del Río*, 7(14), 46-51. <https://doi.org/10.29057/estr.v7i14.5698>
- Gélvez-Rodríguez, L. F. y Santos-Jaimes, L. M. (2020). Internet de las cosas: una revisión sobre los retos de seguridad y sus contramedidas. *Revista Ingenio*, 17(1), 56-64. <https://doi.org/10.22463/2011642X.2370>
- Hassler, S. C. y Baysal-Gurel, F. (2019). Unmanned Aircraft System (UAS) Technology and Applications in Agriculture. *Agronomy*, 9(10), 618. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy9100618>
- Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2016). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). [Libro electrónico]. McGraw-Hill.

- Hidalgo, A. (2019). Técnicas estadísticas en el análisis cuantitativo de datos. *Revista Sigma, Universidad de Nariño*. <http://funes.uniandes.edu.co/15431/1/Sureda2019Construccion.pdf>
- IBM. (2019, 1 de marzo). *Predictive Analytics / IBM. What Is Predictive Analytics?* <https://www.ibm.com/analytics/predictive-analytics>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2020). *Ministro de Ciencia y Tecnología de Costa Rica respalda al CIMAG, propuesta del IICA que une educación y el futuro de la agricultura*. <https://iica.int/es/prensa/noticias/ministro-de-ciencia-y-tecnologia-de-costa-rica-respalda-al-cimag-propuesta-del-iica>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2021). *Universidad Cenfo-tec y el IICA lanzan nuevo programa totalmente en línea de Internet de las cosas para la agricultura*. IICA.INT. <https://iica.int/es/prensa/noticias/universidad-cenfotec-y-el-iica-lanzan-nuevo-programa-totalmente-en-linea-de>
- IoT Solutions World Congress. (2019, 10 de julio). *IoT Transforming the Future of Agriculture. IoT Solutions World Congress | 31 January- 2 February 2023 Barcelona*. <https://www.iotsworldcongress.com/iot-transforming-the-future-of-agriculture/>
- Jung, J.; Maeda, M.; Chang, A.; Bhandari, M.; Ashapure, A. y Landivar-Bowles, J. (2021). The potential of remote sensing and artificial intelligence as tools to improve the resilience of agriculture production systems. *Current Opinion in Biotechnology*, 70, 15-22. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2020.09.003>
- Lampropoulos, G.; Siakas, K. y Anastasiadis, T. (2019). Internet of things in the context of industry 4.0: An overview. *International Journal of Entrepreneurial Knowledge*, 7(1). <https://doi.org/10.37335/ijek.v7i1.84>
- Laverde Mena, J. A. y Laverde Mena, C. G. (2021). Internet de las cosas aplicado en la agricultura ecuatoriana: Una propuesta para sistemas de riego. *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*, 8(2), 00031. Epub 21 de abril de 2021. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i2.2542>
- León Pérez, J. C. (2019). Impacto de las tecnologías disruptivas en la percepción remota: big data, Internet de las cosas e inteligencia artificial. *UD y la Geomática*, 14, 54-61. <https://doi.org/10.14483/23448407.15658>
- López, J. U.; Cortes, E. B. B. y Molina, J. T. B. (2021). Sistema de herramientas software basado en visión para la estimación de posición usando un teléfono inteligente. *Ingeniería*, 26(2), 284-305.
- Mañas Torres, A. (2019). *Desarrollo e implementación de un invernadero inteligente controlado*

- con Arduino. <https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/14003/1/MEMORIA%20TFG%20ANTONIO%20JESUS%20MANAS.pdf>
- Oracle. (2022). *The Internet of Things (IoT). What is IoT?* <https://www.oracle.com/internet-of-things/what-is-iot/>
- Padrón, G. G. S. y Brito, J. F. A. (2022). Propuesta de servicio 5G para la agricultura inteligente en Cuba. *Revista Cubana de Transformación Digital*, 3(1), e135-e135.
- Peralta-Abarca, J.; Martínez-Bahena, B. y Enríquez-Urbano, J. (2020). Industria 4.0. *Inventio*, 16(39), 1-7. <https://doi.org/10.30973/inventio/2020.16.39/4>
- Pérez, D. O.; Marceles, K.; Palta, E. V. y Chanchi, G. E. G. (2019). Sistema de riego con tecnología IoT: Smart Drip System. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação* (E23), 121-133. <https://www.proquest.com/open-view/d4f148fbfcf0cc003bac05d03ef7da8c/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>
- Pérez, J. (2019). Un invernadero inteligente para optimizar los cultivos. *Revista Universidad EA-FIT-Periodismo Científico*. <https://repository.ea-fit.edu.co/bitstream/handle/10784/16953/document%20-%202020-06-19T163716.660.pdf>
- Pérez, M.; Mendoza, M. y Suárez, M. (2019). Paradigma IoT: desde su conceptualización hacia su aplicación en la agricultura. *Revista Espacios*, 40(18), 6. <http://www.revistaespacios.com/a19v40n18/a19v40n18p06.pdf>
- Pino, V. E. (2019, 13 de junio). Los drones una herramienta para una agricultura eficiente: un futuro de alta tecnología. *Idesia (Arica)*, 37(1), 75-84. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019005000402>
- Ponte, D.; Espinosa, A.; de González, S. G. y González, C. (2021). Estado actual del aprendizaje automatizado aplicado al Internet de las cosas para automatizar procesos agrícolas. *Revista Plus Economía*, 9(2), 4-11. <http://revistas.unachi.ac.pa/index.php/pluseconomia/article/view/497/429>
- Procomer. (2021). *Aumentan aplicaciones de IoT en el sector agrícola*. https://www.procomer.com/alertas_comerciales/exportador-alerta/aumentan-aplicaciones-de-iot-en-el-sector-agricola/
- Quintero, J. (2021). *Sistema para el manejo de datos climáticos de pequeñas producciones agrícolas bajo invernadero: un acercamiento a la agricultura inteligente*. Universidad Nacional de Colombia. <http://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/81046/1015994669.2021.pdf>

- Ríos, H. R. (2021). Uso de los Drones o Vehículos Aéreos no Tripulados en la Agricultura de Precisión. *Revista Ingeniería Agrícola*, 11(4), 75-84.
- Rosales Soto, A. y Arechavala Vargas, R. (2020). Agricultura inteligente en México: Analítica de datos como herramienta de competitividad. *VinculaTégica EFAN*, 2(6), 1415-1427.
- Sánchez Molina, A. A. y Murillo Garza, A. (2021). Enfoques metodológicos en la investigación histórica: cuantitativa, cualitativa y comparativa. *Debates Por La Historia*, 9(2), 147-181. <https://doi.org/10.54167/debates-por-la-historia.v9i2.792>
- Sánchez, A. (2019). *Agricultura inteligente como Oportunidad de negocio*. Universidad de Guadalajara, México.
- Shakoor, N.; Northrup, D.; Murray, S. y Mockler, T. C. (2019). Big data Driven Agriculture: big data Analytics in Plant Breeding, Genomics, and the Use of Remote Sensing Technologies to Advance Crop Productivity. *The Plant Phenome Journal*, 2(1), 1-8. <https://doi.org/10.2135/tppj2018.12.0009>
- Sierra Cogua, J. I. y Cepeda Bustos, O. I. (2019). *Diseño de un sistema tecnológico que se basa en agricultura inteligente que permita mitigar el impacto del cambio climático en la productividad del cultivo de fresas. Caso de estudio Hacienda la Colorada en el Departamento de Norte de Santander* (Doctoral dissertation, Universidad del Rosario). <https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/20551>
- Vite Cevallos, H.; Townsend Valencia, J. y Carvajal Romero, H. (2020). Big data e Internet de las cosas en la producción de banano orgánico. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(4), 192-200.

Anexo A. Encuesta de investigación: Aplicación del Internet de las cosas en la agricultura costarricense

Parte I

Esta encuesta no debe tomar más de 10 minutos y se enviará a la mayor cantidad de personas que se encuentran en el nicho en estudio, además, la participación es totalmente voluntaria.

Parte II

Guía de preguntas para entrevista.

1. ¿Conoce usted acerca del Internet de las cosas?

Respuestas:

- Sí.
- Un poco.
- Nada.

2. ¿Cree usted que la tecnología ha ayudado a mejorar el día a día de los trabajadores?

Respuestas:

- De acuerdo.
- Poco de acuerdo.
- Desacuerdo.

3. ¿Ha escuchado o conoce de tecnologías que ayuden a la mejora de las actividades agrícolas (drones, sensores inteligentes, monitoreo remoto, análisis de datos)?

Respuestas:

- Sí.
- No.

4. ¿Qué marca es su teléfono celular?

Respuestas:

- Apple.
- Samsung.
- Huawei.

Otro.

5. ¿Considera que el uso de la tecnología en la agricultura es importante?

Respuestas:

De acuerdo.

Poco de acuerdo.

Desacuerdo.

6. ¿Conoce usted de los proyectos en la actualidad en donde se utilice algún tipo de tecnología en la agricultura (drones, sensores inteligentes, monitoreo remoto, análisis de datos)?

Respuestas:

Sí.

Un poco.

Nada.

7. ¿Cree usted que se siente preparado para abordar temas que se relacionan con invernaderos inteligentes?

Respuestas:

Sí.

Un poco.

Nada.

8. ¿Considera que es una ventaja tener toda la información de su invernadero a través de una aplicación móvil?

Respuestas:

Sí.

No.

9. ¿Considera usted relevante el monitoreo de condiciones climatológicas para la toma de decisiones que se relacionan con la fisiología y mejora de los cultivos?

Respuestas:

Sí.

No.

10. ¿Estaría usted dispuesto a conocer más de estas tecnologías para mejorar la producción agrícola?

Respuestas:

- Sí.
- No.

11. ¿Considera que Costa Rica está avanzando en cuanto a temas de tecnología en el sector agrícola?

Respuestas:

- De acuerdo.
- Poco de acuerdo.
- Desacuerdo.

Carta de aprobación del filólogo

Cartago, 21 de septiembre de 2022

Los suscritos, Elena Redondo Camacho, mayor, casada, filóloga, incorporada a la Asociación Costarricense de Filólogos con el número de carné 0247, portadora de la cédula de identidad número 3-0447-0799 y, Daniel González Monge, mayor, casado, filólogo, incorporado a la Asociación Costarricense de Filólogos con el número de carné 0245, portador de la cédula de identidad número 1-1345-0416, ambos vecinos de Quebradilla de Cartago, revisamos el trabajo final de graduación que se titula: *Transformación de la agricultura mediante la implementación y uso del Internet de las cosas en Costa Rica*, sustentado por Gonzalo Bastos Stephens, Armando José Joaquín Cerda, José Andrés López Guerrero y Julio Córdoba Retana.

Hacemos constar que se corrigieron aspectos de ortografía, redacción, estilo y otros vicios del lenguaje que se pudieron trasladar al texto. A pesar de esto, la originalidad y la validez del contenido son responsabilidad directa de la persona autora.

Esperamos que nuestra participación satisfaga los requerimientos de la Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología.

X

Elena Redondo Camacho
Filóloga - Carné ACFIL n.º 0247

X

Daniel González Monge
Filólogo - Carné ACFIL n.º 0245