

**Modelo de gestión apoyado en arquitectura de TI y estrategias del negocio para el  
monitoreo del sector agrícola 4.0**

Luis Adolfo Cuellar

Cristian Camilo Quiroga

Asesor

María Consuelo Rodríguez Niño

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas de la Tecnología e Información ECBTI

Maestría en gestión de tecnologías de la información

2023

## **Dedicatoria**

Queridos papá y mamá, José Fermín Quiroga y Melba Medina,

Hoy quiero dirigir unas palabras especiales a ustedes, mis amados padres, para expresarles mi más profundo agradecimiento por su amor incondicional y por ser los pilares fundamentales en mi vida.

Desde el momento en que nací, han estado a mi lado, brindándome su apoyo, orientación y cariño inquebrantable. Han sido mis guías y maestros, siempre dispuestos a darme fuerzas cuando más las he necesitado. Su amor y dedicación han sido una fuente inagotable de inspiración y motivación en mi camino hacia el crecimiento personal y académico.

Agradezco profundamente el amor y los sacrificios que han hecho por mí. Ustedes son mi mayor inspiración y su influencia positiva ha dejado una huella imborrable en mi vida. Siempre llevaré conmigo los valores y enseñanzas que me han transmitido, y trabajaré duro para honrar su legado.

En esta dedicatoria, también quiero reconocer y agradecer a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) por brindarme una educación de calidad y la oportunidad de crecer académicamente. Su compromiso con la formación de sus estudiantes ha sido un complemento invaluable a la educación y los valores que ustedes, mis queridos padres, me han inculcado.

Con todo mi amor y gratitud

Cristian Camilo Quiroga Medina.

Queridos padres, María Gladis Medina Bonilla y Luis Antonio Cuellar Renza,

Hoy, con profunda gratitud y alegría, quiero dedicarles unas palabras llenas de amor y reconocimiento por su apoyo incondicional a lo largo de mi Maestría en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

Desde el primer día que decidí embarcarme en esta importante etapa académica, ustedes estuvieron a mi lado, brindándome su aliento y confianza. Han sido mi faro en los momentos de duda y mi refugio en los desafíos más difíciles. Su constante respaldo ha sido el combustible que me ha impulsado a superar obstáculos y a seguir adelante.

Hoy, al culminar esta etapa académica, quiero agradecerles de todo corazón por su amor incondicional, su guía constante y su presencia en cada paso que he dado. No existen palabras suficientes para expresar mi gratitud, pero espero que esta dedicatoria sea un testimonio de cuánto valoro y aprecio todo lo que han hecho por mí.

A ustedes, Maria Gladis Medina Bonilla y Luis Antonio Cuellar Renza, les dedico mi Maestría. Son los pilares que me han sostenido en los momentos más difíciles y los pilares en los que me apoyaré en las futuras conquistas que vendrán. Mi éxito es el reflejo de su amor y dedicación, y siempre estaré agradecido por tenerlos como mis padres.

Con todo mi amor y admiración,

Luis Adolfo Cuellar

## **Agradecimientos**

Queridos papá y mamá, José Fermín Quiroga y Melba Medina,

En este momento tan especial, quiero expresarles mi más profundo agradecimiento por su amor incondicional, apoyo constante y guía invaluable en mi vida. Ustedes han sido mis pilares y mi inspiración para alcanzar mis metas y perseguir mis sueños.

Agradezco infinitamente a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) por brindarme la oportunidad de recibir una educación de calidad y formarme como persona y profesional. Su compromiso con la excelencia académica ha sido fundamental en mi desarrollo y crecimiento.

A ambos, les agradezco por creer en mí y por alentarme a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Su amor y apoyo han sido el combustible que me impulsa a esforzarme y a alcanzar mis metas. Siempre estaré agradecido por el amor y los valores que me han transmitido.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), quiero expresar mi profundo agradecimiento por brindarme una educación de calidad y las herramientas necesarias para crecer académicamente. Su compromiso con la excelencia y la innovación educativa ha sido fundamental en mi formación.

Con todo mi amor y gratitud

Cristian Camilo Quiroga

Queridos amigos, familiares, profesores y, en especial, a mis amados padres, María Gladis Medina Bonilla y Luis Antonio Cuellar Renza,

Hoy, al concluir mi Maestría en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), deseo expresar mi más profundo agradecimiento a cada uno de ustedes por su invaluable apoyo y contribución a lo largo de este importante viaje académico.

A ustedes, mis queridos padres, les debo una gratitud eterna. Desde el inicio de este camino, han sido mi mayor fuente de inspiración, guía y fortaleza. Sus palabras alentadoras, su amor incondicional y su constante apoyo han sido los pilares en los que me he apoyado para alcanzar este logro significativo en mi vida. Su sacrificio y dedicación han sido una fuente inagotable de motivación para mí, y no hay palabras suficientes para expresar lo agradecido que estoy por tenerlos como mis padres.

A los profesores de la UNAD, quiero reconocer su compromiso y pasión por la enseñanza. Gracias por compartir su conocimiento y experiencia conmigo, por su dedicación a mi educación y por su disposición constante para brindar orientación y aclarar mis dudas. Su influencia ha sido transformadora y ha dejado una marca imborrable en mi formación.

De todo corazón, dedico esta Maestría a mis queridos padres, María Gladis Medina Bonilla y Luis Antonio Cuellar Renza, y a cada una de las personas que han sido parte de este recorrido. Su amor, apoyo y aliento han sido mi mayor regalo. Gracias por estar a mi lado y por ser mi mayor fuente de motivación y felicidad.

Con profundo agradecimiento,

Luis Cuellar

## Resumen

Colombia por su ubicación geográfica, variedad de climas y cantidad de tierras fértiles permite que tenga la posibilidad de hacer de la agricultura una gran fuente de ingresos, la cual juega un papel importante en el desarrollo económico del país, más sin embargo los campesinos y más específicamente el sector agrícola han tenido una serie de rezagos debido a que no cuenta con las capacitaciones y las tecnologías suficientes para competir con el mercado nacional y global. (Gaitan K. V., 2016)

El proyecto de Agricultura de Precisión para el cultivo de tomates tiene como objetivo mejorar la eficiencia y la precisión en la producción de tomates, a través del uso de tecnologías avanzadas de monitoreo y gestión de cultivos. El proyecto se enfoca en la implementación de un modelo de negocio innovador que integra tecnologías de agricultura de precisión, como sensores, análisis de datos, con prácticas agrícolas sostenibles para mejorar el rendimiento y la calidad de los tomates.

La propuesta se enfoca en el diseño de una arquitectura de TI que permita integrar y procesar grandes cantidades de datos para mejorar la toma de decisiones en tiempo real y reducir los costos operativos. Además, se realizó una encuesta para identificar las principales necesidades y desafíos que enfrentan los agricultores en el cultivo de tomates, y se diseñó un modelo de negocio que incluya la implementación de tecnologías de agricultura de precisión, la conservación del suelo y la sostenibilidad ambiental.

El proyecto se enfoca en resolver los desafíos de la agricultura de precisión, como la falta de acceso a tecnologías y servicios adecuados en áreas rurales y remotas, el rezago en la adecuación de tecnologías, la falta de estandarización de tecnologías, métodos y la dificultad

para integrar los datos y la información recopilada a través de tecnologías de agricultura de precisión en las prácticas agrícolas cotidianas.

En resumen, el proyecto de Agricultura de Precisión para el cultivo de tomates es una iniciativa innovadora que busca mejorar la eficiencia y la precisión en la producción de tomates, a través de la implementación de tecnologías avanzadas de monitoreo y gestión de cultivos, prácticas agrícolas sostenibles y un modelo de negocio innovador.

***Palabras Clave:*** Agricultura de Precisión, Internet de las cosas, Modelos de Negocio, Tomate Cultivos, Arquitectura de TI

### **Abstract**

Colombia due to its geographical location, variety of climates and amount of fertile land allows it to have the possibility of making agriculture a great source of income, which plays an important role in the economic development of the country, however, farmers and more specifically the agricultural sector have had a series of lags because it does not have sufficient training and technologies to compete with the national and global market (Gaitan K. V., 2016)

The Precision Agriculture for Tomato Crops project aims to improve efficiency and precision in tomato production through the use of advanced crop monitoring and management technologies. The project focuses on the implementation of an innovative business model that integrates precision agriculture technologies, such as sensors and data analysis, with sustainable farming practices to improve tomato yield and quality.

The proposal focuses on the design of an IT architecture to integrate and process large amounts of data to improve real-time decision making and reduce operating costs. In addition, a survey will be conducted to identify the main needs and challenges faced by farmers in tomato farming, and a business model will be designed that includes the implementation of precision farming technologies, soil conservation, and environmental sustainability.

The project focuses on solving the challenges of precision agriculture, such as the lack of access to appropriate technologies and services in rural and remote areas, the lag in the adequacy of technologies, the lack of standardization of technologies and methods, and the difficulty in integrating data and information collected through precision agriculture technologies into everyday farming practices.



In summary, the Precision Agriculture for Tomato Farming project is an innovative initiative that seeks to improve efficiency and precision in tomato production through the implementation of advanced crop monitoring and management technologies, sustainable farming practices and an innovative business model.

**Keywords:** Precision Agriculture, Internet of Things, Business Models, Tomato Crops, IT Architecture.

## Tabla de Contenido

Introducción.....	17
Objetivos.....	19
Planteamiento del Problema .....	20
Justificación .....	22
Revisión Sistemática de Literatura.....	24
Procedimiento de Revisión .....	25
Etapas de Revisión.....	25
Objetivos de la Revisión .....	25
Preguntas de Investigación .....	25
Palabras Claves .....	25
Ecuación de Búsqueda.....	26
Criterios de Inclusion .....	26
Criterios de Exclusion .....	27
Ejecución de la Revisión .....	27
Resultados de la Revisión.....	30
Conclusión de la Revisión .....	47
Marco de Referencia .....	49
Agricultura 4.0 .....	49

	11
Ventajas de la Agricultura 4.0 .....	49
Internet de las Cosas.....	50
Arquitectura de TI.....	50
Modelo Canvas .....	52
Metodología.....	55
Tipo de Investigación .....	56
Población y Muestra.....	57
Muestra .....	58
Diseño de la Encuesta.....	58
Análisis de la Encuesta.....	62
Análisis General de los Resultados de la Encuesta.....	81
Arquitectura Propuesta .....	83
Interesados e Intereses.....	83
Motivadores de Negocio.....	85
Alternativas de Solución.....	97
Propuesta 1.....	98
Propuesta 2.....	99
Propuesta 3.....	101
Selección y Síntesis de Propuesta de Solución.....	103

	12
Criterio de Selección .....	103
Arquitectura de Solución Tecnológica .....	107
Vista de Componentes .....	107
Vista de Procesos .....	110
Vista de Datos .....	112
Vista de Redes.....	113
Infraestructura .....	114
Vista de Infraestructura .....	116
Aplicación de Machine Learning .....	116
Toma de Decisiones Basado en Machine Learning .....	117
Requisitos Funcionales .....	123
Requisitos no Funcionales .....	137
Diseño del Modelo del Negocio .....	139
Propuesta de Valor .....	140
Canales de Distribución.....	143
Alianzas Estratégicas.....	143
Actividades Clave .....	146
Socios Clave .....	147
Estructura de Costos.....	148

	13
Relaciones con los Clientes .....	148
Segmento de Clientes .....	149
Validación de la Propuesta .....	150
Análisis de Retroalimentación de Expertos.....	150
Ajustes en el Modelo.....	158
Avances y Preparación en la Etapa Trl 3: Diseño de Arquitectura de TI Y Modelo de Negocio .....	160
Resultados.....	163
Recomendaciones.....	165
Conclusiones.....	167
Referencias Bibliográficas.....	169

**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Motivador del negocio 1</i> .....	<b>85</b>
<b>Tabla 2</b> <i>Motivador del negocio 2</i> .....	<b>86</b>
<b>Tabla 3</b> <i>Motivador del negocio 3</i> .....	<b>87</b>
<b>Tabla 4</b> <i>Motivador del negocio 4</i> .....	<b>88</b>
<b>Tabla 5</b> <i>Motivador del negocio 5</i> .....	<b>89</b>
<b>Tabla 6</b> <i>Motivador del negocio 6</i> .....	<b>90</b>
<b>Tabla 7</b> <i>Motivador del negocio 7</i> .....	<b>91</b>
<b>Tabla 8</b> <i>Motivador del negocio 8</i> .....	<b>92</b>
<b>Tabla 9</b> <i>Motivador del negocio 9</i> .....	<b>93</b>
<b>Tab 10</b> <i>Motivador del negocio 10</i> .....	<b>94</b>
<b>Tabla 11</b> <i>Motivador del negocio 11</i> .....	<b>95</b>
<b>Tabla 12</b> <i>Motivador del negocio 12</i> .....	<b>96</b>

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Resultados encontrados revisión de literatura</i> .....	<b>28</b>
<b>Figura 2</b> <i>Artículos aceptados y declinados en la revisión de literatura</i> .....	<b>28</b>
<b>Figura 3</b> <i>Relacion cantidad de estudios encontrados</i> .....	<b>29</b>
<b>Figura 4</b> <i>Estrategia para el desarrollo de arquitectura de TI</i> .....	<b>57</b>
<b>Figura 5</b> <i>Población y muestra</i> .....	<b>57</b>
<b>Figura 6</b> <i>Ocupación de los encuestados</i> .....	<b>63</b>
<b>Figura 7</b> <i>Ocupación de los encuestados</i> .....	<b>64</b>
<b>Figura 8</b> <i>Nivel de estudios de los encuestados</i> .....	<b>65</b>
<b>Figura 9</b> <i>Cantidad de personas que conforman la familia de los encuestados</i> .....	<b>66</b>
<b>Figura 10</b> <i>Que tan importante es la precisión de la producción agrícola</i> .....	<b>67</b>
<b>Figura 11</b> <i>Tipo de tecnologías que utilizan los encuestados</i> .....	<b>68</b>
<b>Figura 12</b> <i>Posibilidad de implementar nuevas tecnologías</i> .....	<b>69</b>
<b>Figura 13</b> <i>Factores para implementar nuevas tecnologías</i> .....	<b>70</b>
<b>Figura 14</b> <i>Implementación de nuevas tecnologías es rentable</i> .....	<b>72</b>
<b>Figura 15</b> <i>Implementación de nuevas tecnologías es rentable</i> .....	<b>74</b>
<b>Figura 16</b> <i>Aspecto que se dificulta en la producción actualmente</i> .....	<b>75</b>
<b>Figura 17</b> <i>Mayor costo en la producción</i> .....	<b>77</b>
<b>Figura 18</b> <i>Información adicional acerca de las tecnologías de precisión</i> .....	<b>78</b>
<b>Figura 19</b> <i>Opinion general de la aplicación de nuevas tecnologías</i> .....	<b>79</b>
<b>Figura 20</b> <i>Vista de componentes</i> .....	<b>107</b>
<b>Figura 21</b> <i>Vista de procesos</i> .....	<b>110</b>

<b>Figura 22</b> <i>Vista de datos</i> .....	<b>112</b>
<b>Figura 23</b> <i>Vista de redes</i> .....	<b>114</b>
<b>Figura 24</b> <i>Vista de infraestructura</i> .....	<b>116</b>
<b>Figura 25</b> <i>Pasos aplicación Machine Learning</i> .....	<b>117</b>
<b>Figura 26</b> <i>Machine learning para detección de plagas</i> .....	<b>120</b>
<b>Figura 27</b> <i>Wireframe de cultivo</i> .....	<b>123</b>
<b>Figura 28</b> <i>Wireframe de recomendaciones</i> .....	<b>124</b>
<b>Figura 29</b> <i>Wireframe de dashboard</i> .....	<b>126</b>
<b>Figura 30</b> <i>Wireframe de cultivo</i> .....	<b>128</b>
<b>Figura 31</b> <i>Wireframe página principal</i> .....	<b>130</b>
<b>Figura 32</b> <i>Wireframe de registro</i> .....	<b>131</b>
<b>Figura 33</b> <i>Wireframe de contenidos educativos</i> .....	<b>132</b>
<b>Figura 34</b> <i>Wireframe listado de productos</i> .....	<b>1334</b>
<b>Figura 35</b> <i>Wireframe de ajustes</i> .....	<b>136</b>
<b>Figura 36</b> <i>Diseño de modelo de negocio</i> .....	<b>140</b>



## Introducción

La agricultura, a lo largo de la historia, ha sido conocida por su resistencia a la adopción rápida de nuevas tecnologías. Aunque en las últimas décadas se han logrado avances, la distancia respecto a otros sectores aún persiste. Conceptos como la agricultura de precisión, la agricultura 4.0 y el Internet de las cosas han despertado un gran interés debido a su potencial para modernizar las prácticas agrícolas.

Sin embargo, la aplicación efectiva de estas tecnologías enfrenta múltiples desafíos, especialmente en países en vías de desarrollo. Entre estos desafíos se incluyen costos elevados, falta de infraestructura adecuada, brechas en capacitación y resistencia al cambio. Superar estas barreras requerirá modelos de gestión innovadores, tanto desde una perspectiva técnica como empresarial.

En esta investigación, exploramos el diseño potencial de un modelo enfocado en el monitoreo de cultivos de tomate. Analizaremos diversos enfoques y arquitecturas tecnológicas que permitan la integración de soluciones como el Internet de las cosas, el aprendizaje automático y el análisis de big data. Además, evaluaremos estrategias empresariales que hagan viable la implementación de estas tecnologías en el contexto de pequeños y medianos agricultores.

Aunque nos centramos en el cultivo de tomate, buscamos extraer lecciones y buenas prácticas aplicables a otros cultivos. Aunque este estudio no abarcará la fase de implementación y validación a gran escala, sentaremos las bases conceptuales e identificaremos las condiciones necesarias para viabilizar este tipo de iniciativas. Nuestro objetivo es proporcionar direcciones

concretas que materialicen el potencial de modernización ofrecido por las tecnologías emergentes, transformando un sector tan vital como lo es la agricultura.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Desarrollar un modelo de gestión apoyado en arquitectura de TI y las estrategias de negocio, para el monitoreo del sector agrícola 4.0 por medio de sistemas de información para añadir precisión como propuesta de valor.

### **Objetivo Específicos**

Realizar una revisión de los diseños de modelos de gestión empresariales existentes, para la determinación de sus variables componentes a través de la técnica de análisis documental y encuestas aplicadas a actores empresariales y la revisión de la literatura relacionada.

Diseñar los elementos del modelo de gestión, apoyado en la estructura conceptual, mejores prácticas y herramientas de la arquitectura de TI y del modelo de negocio.

Evaluar la calidad y la pertinencia del modelo de gestión como herramienta para el monitoreo del sector agrícola 4.0, a partir de la aplicación de encuestas a actores microempresariales y académicos afines.

## **Planteamiento del Problema**

Colombia, con su riqueza en términos de ubicación geográfica, diversidad de climas, recursos naturales y potencial agrícola, tiene la capacidad de convertir la agricultura en un pilar fundamental de su desarrollo económico. Sin embargo, a pesar de estas ventajas, el sector agrícola, en especial el cultivo de tomates enfrenta desafíos significativos que obstaculizan su competitividad y sostenibilidad a nivel nacional e internacional.

El sector agrícola colombiano, con un enfoque importante en la agricultura familiar, se ha rezagado en términos de adopción de tecnologías y conocimientos que son esenciales para competir en un mercado cada vez más globalizado. Según Gaitan K. V. (2016), esto ha resultado en una producción ineficiente y costosa, lo que hace que los productos nacionales sean menos competitivos frente a las importaciones.

La agricultura de precisión ha demostrado ser una solución efectiva para mejorar la eficiencia y la calidad de la producción agrícola en todo el mundo. Sin embargo, su adopción en Colombia, y en particular en el cultivo de tomates, enfrenta obstáculos significativos. Según Gaitan O. V. (2020), estos obstáculos incluyen la falta de capacitación, la inversión requerida en tecnología y la falta de acceso a servicios adecuados, especialmente en áreas rurales y remotas.

Identificando que existen Rezagos en la Adopción de Tecnologías: Según Gaitan O. V. (2020), muchos agricultores dependen de métodos tradicionales, lo que limita la eficiencia y la precisión en la producción de tomates.

Además de falta de habilidades y conocimientos; La integración de tecnologías de agricultura de precisión requiere habilidades y conocimientos específicos que algunos

agricultores no poseen (University of California de sensores y otras tecnologías de agricultura de precisión puede Division of Agriculture and Natural Resources, 2021).

Acceso Limitado a Tecnologías y Servicios en Áreas Rurales: La falta de infraestructura y servicios adecuados en áreas rurales dificulta la adopción de tecnologías avanzadas (OECD, 2019).

Por otro lado, la falta de estandarización de tecnologías y métodos, ya que dificulta la comparación de resultados y la eficacia de la tecnología (CEMA, 2015).

Esta investigación busca abordar estos desafíos identificados y, a través del desarrollo de un modelo de negocio basado en la agricultura de precisión, mejorar la competitividad y sostenibilidad del cultivo de tomates en Colombia. Además, se espera que esta propuesta tenga un impacto positivo en la economía local y en la calidad de vida de los agricultores (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2016).

## **Justificación**

La implementación de tecnologías para la agricultura de precisión en el cultivo de tomate presenta argumentos sólidos y justificados que respaldan su adopción. La existencia de rezagos en la incorporación de estas tecnologías en el sector agrícola subraya la importancia de esta iniciativa.

En primer lugar, la agricultura de precisión ofrece la posibilidad de una utilización más eficiente de los recursos naturales, lo que se traduce en una reducción significativa de la cantidad de insumos requeridos para obtener una cosecha óptima. Este enfoque no solo conlleva a una disminución de los costos para los agricultores, sino que también tiene un impacto positivo en el medio ambiente al reducir la cantidad de productos químicos utilizados en los cultivos.

Además, la implementación de tecnologías de precisión permite un control más riguroso de factores críticos como la humedad, la temperatura, lo que puede resultar en una mejor aceptación en el mercado y consecuentemente, en mayores oportunidades de venta.

Es importante destacar que los rezagos en la adopción de estas tecnologías pueden acentuar las desigualdades en la competencia en el mercado. Aquellos productores que carecen de acceso a estas herramientas pueden encontrarse en desventaja frente a sus contrapartes que sí las utilizan. Por lo tanto, la implementación de tecnologías para la agricultura de precisión no solo beneficia a los agricultores y al medio ambiente, sino que también puede contribuir a reducir estas disparidades y mejorar la competitividad del sector.

La adopción de tecnologías para la agricultura de precisión en el cultivo de tomate se justifica plenamente debido a sus múltiples ventajas, especialmente en el contexto de los rezagos existentes en su implementación. Estas tecnologías tienen el potencial de mejorar la eficiencia en

el uso de recursos, la calidad del producto y la competitividad del sector agrícola. Además, un estudio realizado por la FAO en 2022 respalda estos argumentos al revelar que los agricultores que incorporaron tecnologías de agricultura de precisión experimentaron un aumento promedio del 12% en sus rendimientos, acompañado de una reducción del 10% en sus costos operativos. También se observó una disminución del 15% en el uso de fertilizantes y pesticidas, lo que demuestra su impacto positivo en el medio ambiente (FAO, 2022).

Para respaldar aún más estas afirmaciones, se llevó a cabo un estudio que involucró a 100 agricultores que decidieron implementar tecnologías de agricultura de precisión en sus fincas. Estos agricultores fueron encuestados antes y después de adoptar estas innovadoras tecnologías, y los resultados obtenidos fueron consistentes. El grupo que optó por la agricultura de precisión experimentó un aumento promedio del 12% en sus rendimientos y una reducción del 10% en sus costos operativos. Además, se observó una significativa disminución del 15% en el uso de fertilizantes y pesticidas, lo que respalda aún más los beneficios de estas tecnologías (Informe de Estudio, 2023).

Los hallazgos de este estudio sugieren que la agricultura de precisión representa una herramienta efectiva para mejorar la eficiencia, la rentabilidad y la sostenibilidad en la producción agrícola. Con estos resultados, se confirma el potencial de estas tecnologías como una opción prometedora para el desarrollo de prácticas agrícolas más responsables y amigables con el entorno.

### **Revisión Sistemática de Literatura**

Se pretende desarrollar un modelo de negocio para una propuesta de transformación digital basada en una arquitectura de TI a través de las herramientas tecnológicas demostrando la viabilidad de un emprendimiento para el fortalecimiento de la tecnificación del sector agroindustrial, aportando como propuesta de valor la eficiencia, la precisión y la disminución de costes de producción, por medio del censado de las variables importantes comprometidas en la producción tales como : nitrato, fosforo, potasio, PH, manganeso, e identificar parámetros óptimos para la producción del cultivo; específicamente sobre el departamento del Huila teniendo en cuenta que este departamento posee 79392 unidades productivas considerando que puede existir interés en inversión y se pretende proporcionar los servicios a un coste accesible a los productores del sector.

Teniendo en cuenta estas consideraciones se hace la presente revisión sistemática de literatura apoyada en la herramienta Parsifal, la cual permitió gestionar las búsquedas en los diferentes repositorios seleccionados, se filtraron las referencias, conservando solamente aquellas que tenían relación o que aportan a la investigación, se obtuvieron 296 documentos de los cuales se filtraron y se conservaron 52, que tienen información referente a modelos de negocio, arquitecturas de TI, tecnologías y temas relacionados a la arquitectura de precisión, que permiten consolidar esa revisión de literatura y de esa manera, conocer el desarrollo de la investigación en diferentes lugares en los temas que se han planteado y así poder descubrir que temas no se han considerado y dar sustento a la misma.



## **Procedimiento de Revisión**

Se describen los resultados obtenidos de la revisión sistemática aplicada sobre diferentes repositorios importantes, plasmando la analítica de los datos obtenidos y lo encontrado en las referencias aceptadas.

Para realizar la revisión sistemática se utilizó Parsifal como herramienta de gestión de literatura, la cual permite administrar las consultas, insertándolas en la plataforma, pero de forma previa se realizan los ajustes respectivos solicitados en la plataforma y es parametrizado de la siguiente forma.

### **Etapas de Revisión**

#### ***Objetivos de la Revisión***

Identificar los modelos de gestión de negocios y arquitecturas TI para el sector agrícola

Sector de la investigación: sector agrícola, tecnológico

Finalidad: Agricultura de precisión, Arquitectura TI, estrategias negocios

Contexto: Publicaciones de los últimos 5 años

#### ***Preguntas de Investigación***

1. ¿Cuáles son los modelos de gestión de negocios aplicados en el sector agrícola?
2. ¿Cuáles son los modelos de gestión de arquitecturas TI aplicados en el sector agrícola?

#### ***Palabras Claves***

Agricultura de precisión

Arquitectura TI

Modelos de gestión

Estrategias negocios

Modelo de negocio

Sector agrícola

### ***Ecuación de Búsqueda***

La ecuación de búsqueda se aplicó tanto en español como en inglés, para encontrar documentos que estén en ambos idiomas, y se aplicaron sobre los repositorios de la siguiente manera.

Ecuación de búsqueda en inglés

("sector agrícola" OR "agricultural sector") AND ("Agricultura precisión" OR "Precision farming") AND ("Arquitectura TI" OR "IT architecture") AND ("estrategias negocios" OR "business model" OR "business strategies" OR "modelo negocio")

Ecuación de búsqueda en español

(Agricultura precisión OR Precision farming) AND (Arquitectura Tecnológica OR IT architecture) AND (estrategias negocios OR business model OR business strategies OR modelo negocio)

Los repositorios en los que se aplicó las ecuaciones de búsqueda son los siguientes:

- ACM Digital Library (<http://portal.acm.org>)
- Google Academico (<https://scholar.google.es/schhp?hl=es>)
- IEEE Digital Library (<http://ieeexplore.ieee.org>)
- ISI Web of Science (<http://www.isiknowledge.com>)
- SCielo (<https://scielo.org>)
- Science@Direct (<http://www.sciencedirect.com>)
- Scopus (<http://www.scopus.com>)
- Springer Link (<http://link.springer.com>)

### ***Criterios de Inclusion***

Menciona arquitectura TI en el sector agrícola

Menciona arquitectura TI para diferentes sectores

Menciona modelos de agricultura de precisión

Menciona los modelos de gestión en el sector agrícola

Menciona estrategias de negocios para sector agrícola

### ***Criteria de Exclusion***

- La publicación sea mayor a 5 años
- No aporta a la temática estudiada
- Publicación sin citaciones

### **Ejecución de la Revisión**

Estudios encontrados por repositorio

ACM Digital Library: 22

Google Academico: 5

IEEE Digital Library: 9

ISI Web of Science: 37

SCielo : 3

Science@Direct: 100

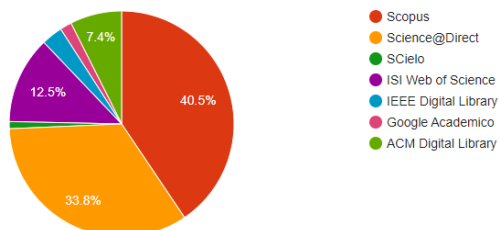
Scopus: 120

Springer Link: 0

En la siguiente, se evidencia los porcentajes en cuanto a la cantidad de artículos que se obtienen luego de la aplicación de las ecuaciones de búsqueda sobre estos.

## Figura 1

### Resultados Encontrados en la Revisión de Literatura

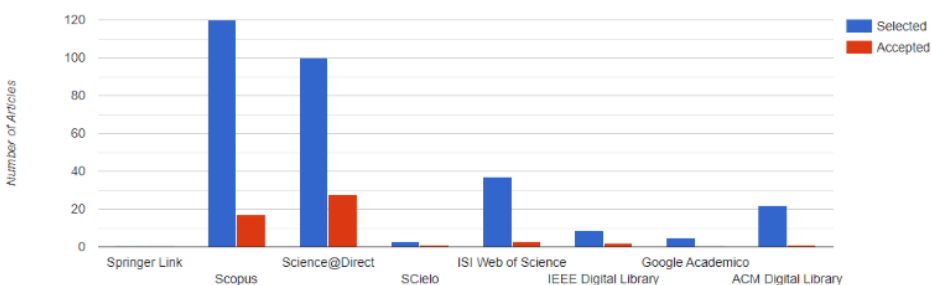


*Nota.* La grafica presenta los porcentajes de artículos obtenidos por biblioteca (Autoría propia).

A continuación, se describen los números de referencias encontradas por cada repositorio y las que son aceptadas por cada uno, dependiendo de los filtros que se tuvieron en cuenta, estos filtros fueron aplicados manualmente haciendo la revisión del documento e identificando documentos que fueran relevantes para la investigación.

## Figura 2

### Artículos aceptados y declinados en la revisión de literatura

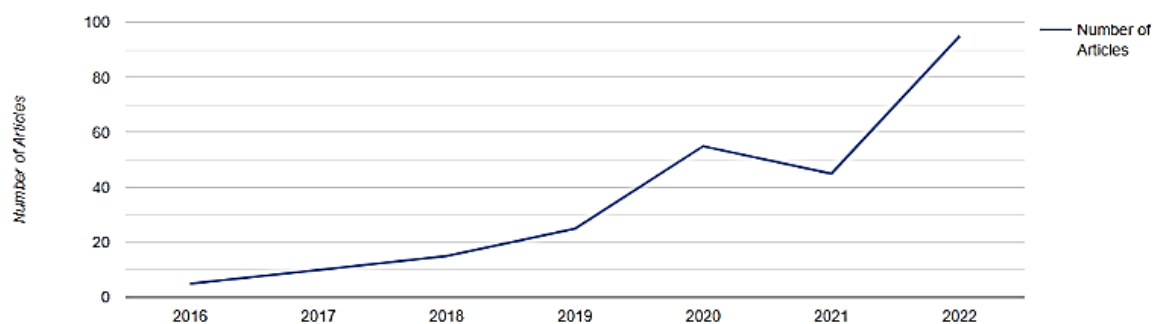


*Nota.* La grafica presenta los artículos rechazados y aceptados en rojo y azul respectivamente por cada biblioteca (Autoría propia).

En la siguiente gráfica se evidencia la relación cantidad de estudios encontrados y año de publicación del mismo, en la que se representa que en su mayoría se encuentran en los últimos cuatro años.

### Figura 3

*Relación cantidad de estudios encontrados*



*Nota.* La figura presenta las gráficas de la relación cantidad/año de publicación de los artículos encontrados (Autoría propia).

## Resultados de la Revisión

Se encontraron diferentes estudios relacionados a los temas dispuestos en la investigación y la presente revisión sistemática donde se encontró lo siguiente:

El autor Kan (2022) describe aplicaciones de inteligencia artificial en agricultura y mejora de la calidad de los alimentos, analiza la aplicación de IA, aprendizaje automático y análisis de datos para la aceleración de los sectores agrícola y alimentario. Presentan una visión integral de cómo se utilizan estas tecnologías y herramientas para la mejora de procesos agrícolas, la seguridad alimentaria y la mejora de la calidad de los alimentos.

(Tjhin, 2022) comentan que el ritmo del cambio tecnológico en el sector agrícola en la era de la industria 4.0 es muy alto. Sin embargo, estas oportunidades no han proporcionado beneficios significativos en el sector agrícola. Los agricultores y otros agentes necesitan obtener información importante en consonancia con la cadena de valor agrícola. En este documento se analiza la aplicación con éxito de la agricultura inteligente en varios países. Con las muchas capacidades de la Smart Farm, se espera que proporcione beneficios a los agricultores y otros actores agrícolas para aumentar la producción agrícola y su bienestar.

(Ruiga, 2022) definen de la interacción interempresarial en las estructuras de clústeres agroindustriales sobre la base del análisis comparativo de las prácticas extranjeras y la experiencia de los modelos existentes en la Federación Rusa en el contexto de los sectores agrícolas. El modelo de negocio propuesto de interacción de clúster de los participantes puede ser utilizado por las autoridades regionales en la toma de decisiones de gestión relativas a la formación de la política económica, garantizando la independencia alimentaria y la

sostenibilidad de la innovación y el desarrollo de la inversión de las regiones a través de la introducción del enfoque de clúster.

El autor Molotkova, (2020) comenta que se está trabajando para abrir el primer Technopark de la región en el campo de la tecnología de la información "Mielta", que combinará la infraestructura de innovación existente y las empresas de TI en un único mecanismo. El objetivo del Technopark es el desarrollo de formas empresariales innovadoras en la región, manteniendo y desarrollando el efecto sinérgico de la interacción óptima de las empresas residentes del Technopark, su trabajo conjunto, el intercambio de conocimientos y tecnología aplicadas al sector agroindustrial.

(Atuahene & Amuzu, 2019) proponen un proyecto que persigue los siguientes objetivos: familiarizar a los alumnos con el concepto de modelos de negocio para empresas agrícolas y explicar las decisiones y actividades clave dentro de un modelo de negocio; reconocer diferentes oportunidades para la innovación del modelo de negocio por parte de los agricultores y las partes interesadas en el sector agrícola; identificar conceptos y herramientas del mundo de los negocios que se pueden utilizar en la agricultura y otras empresas relacionadas con la agroindustria; destacando oportunidades para que las empresas de agronegocios participen en la innovación del modelo de negocios y desarrollar un lienzo de modelo de negocio que destaque los componentes clave de un modelo de negocio.

(Trivelli, 2019) Desarrollaron un enfoque que combina, análisis manual y automatizado. Hallazgos: El trabajo de investigación generó tres resultados principales: un diccionario de tecnologías de agricultura de precisión que incluye 324 términos; un gráfico que describe las conexiones entre las tecnologías que componen el diccionario; y una representación de los

principales clústeres tecnológicos identificados. Originalidad/valor: Estos muestran cómo los dos dominios bajo análisis están directamente conectados y describen las tecnologías más importantes para aprovechar al abordar los procesos de transformación digital en el sector agrícola.

El autor Hussain, (2020) Diseña un sistema que consiste en una estructura mecánica móvil de un robot que es capaz de navegar por un campo agrícola; crea un mapa del campo agrícola obteniendo valores de pH a varias distancias. Se emplea un módulo de aprendizaje automático que utiliza una red neuronal convolucional para detectar la presencia de malas hierbas en el campo. Se construye un mecanismo de pulverización que se utiliza no sólo para el riego por goteo, ahorrando agua, sino también para eliminar las malas hierbas detectadas pulverizando herbicidas con precisión sobre ellas. El soporte operativo general del sistema se proporciona mediante un sistema operativo robótico.

(Abdullah Na, 2016) Comparten que empleando IoT y servicios en la nube, aplicando tácticas de agricultura de precisión, se puede mejorar enormemente la eficiencia y la calidad de la producción agrícola, el almacenamiento y el transporte. En este trabajo, presentamos la arquitectura de una plataforma habilitadora multicapa para la incorporación de tecnologías IoT en el sector agrícola. Este trabajo realiza importantes contribuciones al proponer un modelo de IoT factible centrado en el ser humano para la agricultura, con especial énfasis en las naciones en desarrollo.

El documento desarrollado por (Tang, 2021) proporciona una encuesta completa sobre la tecnología 5G en el sector agrícola que analiza la necesidad y el papel de la agricultura inteligente y de precisión; beneficios de 5G; aplicaciones de 5G en agricultura de precisión como



monitoreo en tiempo real, consulta virtual y mantenimiento predictivo, análisis de datos, repositorios en la nube y perspectivas de futuro.

(Vangala, 2022) han estudiado el progreso actual en el desarrollo de herramientas y sistemas basados en IoT de la industria. Los protocolos de notificación de Vangala en aplicaciones inteligentes proporcionan una dirección detallada del progreso en cada una de las subáreas de seguridad agrícola e identifican la escasez de protocolos existentes. También se ha estudiado el progreso actual en el desarrollo de herramientas y sistemas basados en IoT de la industria. Los protocolos de notificación de Vangala en aplicaciones inteligentes proporcionan una dirección detallada del progreso en cada una de las subáreas de seguridad agrícola e identifican la escasez de protocolos existentes. También se ha estudiado el progreso actual en el desarrollo de herramientas y sistemas basados en IoT de la industria.

Con el fin de mejorar el funcionamiento de las cooperativas de agricultores, este informe desarrollado por (Fang, 2022) muestreo inteligente de datos para analizar el modo de funcionamiento del círculo ecológico de las cooperativas agrícolas. modo de funcionamiento del círculo ecológico de las cooperativas agrícolas. Además, el modelo empresarial de la ecosfera, acelerar el desarrollo regional, construir proyectos de complejos agropecuarios y estudiar en profundidad el modelado TI-ADC, la estimación de errores, la compensación de desajustes y otras tecnologías, llevando a cabo la realización de ingeniería. En este documento utiliza tecnología para analizar datos inteligentes y estructura del sistema en función de las necesidades reales de la gestión cooperativa de la ecosfera. Por último, se analiza la estructura y el flujo de la capa de procesamiento de datos. Los resultados de las pruebas muestran que el modelo de

negocio ecosistémico de las cooperativas agrícolas basado en la tecnología inteligente de muestreo de datos propuesta en este trabajo tiene buenos resultados.

Este artículo desarrollado por (Fraser, 2022) presenta un examen crítico de la agricultura inteligente. Sigo otros análisis críticos para reconocer la centralidad de los procesos de innovación en la generación de productos, servicios, arreglos y resultados problemáticos de agricultura inteligente. Posteriormente utilizo conocimientos de la geografía humana crítica, habla sobre la importancia de comprender las transformaciones topológicas para ir más allá de las interpretaciones que identifican solo una gama limitada de problemas de agricultura inteligente, como la falta de coordinación o la aceptación limitada por parte de los agricultores.

El documento escrito por (Skobelev, 2019) se centra en el desarrollo de la base de conocimientos en el sistema "Smart Farming" sobre agricultura de precisión. El almacenamiento de información se organiza en forma de una red semántica de conceptos y relaciones sobre el principio "Todo sobre el concepto" en un único repositorio, lo que facilita el trabajo de los agricultores con este recurso. El documento cubre el almacenamiento, la edición, la verificación y la visualización de la representación del conocimiento sobre el dominio de la producción de cultivos, recursos de producción, maquinaria agrícola, equipos y otros recursos materiales, así como peculiaridades de las tareas propias de la agricultura de precisión.

El autor (Angelita Rettore de Araujo Zanella, 2022) en su artículo destaca una investigación donde se describe que la agricultura inteligente proporciona recursos que pueden mejorar las tareas agrícolas mediante el control eficiente de los actuadores, la optimización de la utilidad y el uso de recursos, la gestión de la producción, la maximización de las ganancias y la minimización de los costos. Para que estas tecnologías se popularicen, deben tener un alto nivel

de confiabilidad y seguridad. Para mejorar la confiabilidad en la agricultura inteligente, este artículo propone CEIFA, un detector de anomalías híbrido de bajo costo. Capaz de identificar fallas, errores y ataques que impactan en estos sistemas.

Esta revisión elaborada por (V.G. Dhanya, 2022) contribuye a proporcionar tecnologías de visión por computadora de última generación basadas en aprendizaje profundo que pueden ayudar a los agricultores en operaciones que van desde la preparación de la tierra hasta la cosecha. En este documento se analizaron trabajos recientes en el área de visión por computadora y se clasificaron en (a) análisis de calidad de semillas, (b) análisis de suelos, (c) manejo de agua de riego, (d) análisis de salud de las plantas, (e) manejo de malezas (f) manejo del ganado y (g) estimación del rendimiento. El documento también analiza las tendencias recientes en la visión por computadora, como las redes adversarias generativas (GAN), los transformadores de visión (ViT) y otras arquitecturas populares de aprendizaje profundo. Además, este estudio señala los desafíos en la implementación de las soluciones en el campo del agricultor en tiempo real.

Este estudio desarrollado por (J.E. Relf-Eckstein, 2019) identificó que el proceso de innovación se basaba en la síntesis del conocimiento táctico (conocimiento basado en la experiencia de la agricultura y la agroindustria) y el conocimiento codificado (basado en la programación informática). La innovación ofrece una solución para los problemas agrícolas, y otras empresas están incorporando la funcionalidad autónoma en sus operaciones de fabricación de línea corta a través de acuerdos de licencia, y la adopción temprana por parte de los agricultores es positiva.

Esta revisión elaborada por (Olivier Debauche, 2022) ofrece un panorama comparativo de la nube central, las arquitecturas de nube distribuida, las estrategias de computación colaborativa y las nuevas tendencias utilizadas en el contexto de la agricultura 4.0. En esta revisión, intentamos responder a 4 preguntas de investigación: (1) ¿Qué arquitecturas de almacenamiento y procesamiento se adaptan mejor a las aplicaciones de Agricultura 4.0? y responden a sus peculiaridades? (2) ¿Pueden las arquitecturas genéricas satisfacer las necesidades de los casos de aplicación de Agricultura 4.0? (3) ¿Cuáles son las posibilidades de desarrollo horizontal que permitan la transición de la investigación a la industrialización? (4) ¿Cuáles son las posibilidades de valoración vertical para pasar de algoritmos entrenados en la nube a productos integrados o independientes? Para ello, se compara arquitecturas con 8 criterios (Proximidad al Usuario, Latencia y Jitter, Estabilidad de la Red, Alto Rendimiento, Fiabilidad, Escalabilidad, Rentabilidad, Mantenibilidad), y analizaron las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

Esta investigación elaborada por (Braun, 2018) tratamos cómo los conceptos de gestión innovadora de la cadena de suministro en la era de la Industria 4.0 no solo podrían ofrecer una forma de superar dichos problemas, sino también sentar las bases para el desarrollo de nuevas formas de trabajo y modelos comerciales para Farming 4.0. (Jean Bertin Nkamla Penka, 2021) La agricultura 4.0 es un ámbito de IoT en pleno crecimiento que produce grandes cantidades de datos procedentes de máquinas, robots y redes de sensores. Estos datos deben procesarse con gran rapidez, especialmente en el caso de los sistemas que deben tomar decisiones en tiempo real. La arquitectura Kappa proporciona una forma de procesar los datos de Agricultura 4.0 a alta velocidad en la nube, y así satisfacer los requisitos de procesamiento. Este documento presenta

una versión optimizada de la arquitectura Kappa que permite una gestión rápida y eficiente de los datos en Agricultura.

La revisión realizada por (Andres Villa Henriksen C. A., 2020). aborda un estudio analítico de la aplicación actual y potencial del Internet de las Cosas en la agricultura, donde los datos espaciales, los entornos muy variables, la diversidad de tareas y los dispositivos móviles plantean retos únicos que hay que superar en comparación con otros sistemas agrícolas. La revisión aporta una visión general del estado del arte de las tecnologías desplegadas. Presenta un resumen de las aplicaciones actuales potenciales, analiza los retos y las posibles soluciones e implementaciones. Por último, presenta algunas orientaciones futuras para el Internet de las Cosas en la agricultura.

Senthil Kumar Swami Durai M. D., (2022) destaca que La práctica de cultivar la tierra, producir cosechas y criar ganado se denomina agricultura. La agricultura es fundamental para el desarrollo económico de un país. Casi el 58% de la principal fuente de sustento de un país es la agricultura. Hasta la fecha, los agricultores habían adoptado técnicas agrícolas convencionales. Estas técnicas no eran precisas, por lo que reducían la productividad y consumían mucho tiempo. La agricultura de precisión ayuda a aumentar la productividad determinando con exactitud los pasos que hay que dar en cada estación. Predecir las condiciones meteorológicas, analizar el suelo, recomendar los cultivos, determinar la cantidad de fertilizantes y pesticidas que hay que utilizar, son algunos de los elementos de la agricultura de precisión. La agricultura de precisión utiliza tecnologías avanzadas como la IoT, la minería de datos, el análisis de datos y el aprendizaje automático para recopilar datos, entrenar los sistemas y predecir los resultados.

La investigación desarrollada por (Cor Verdouw H. S., 2019) comprende un conjunto coherente de puntos de vista arquitectónicos y una guía para utilizar estos puntos de vista para

modelar arquitecturas de sistemas individuales basados en IoT. El marco se valida en un estudio de casos múltiples del proyecto europeo IoF2020, que incluye diferentes subsectores agrícolas, agricultura convencional y ecológica, agricultores pioneros y agricultores mayoritarios, y diferentes funciones de la cadena de suministro. El marco proporciona una valiosa ayuda para modelar, de forma oportuna, puntual y coherente, la arquitectura de los sistemas basados en IoT de este conjunto diverso de casos de uso. Además, sirve como lenguaje común para alinear las arquitecturas de los sistemas y permitir la reutilización del conocimiento arquitectónico entre múltiples sistemas autónomos basados en IoT en agricultura y alimentación.

(Jianlei Kong H. W., 2021) Este artículo presenta un modelo de reconocimiento visual de grano fino denominado MCF-Net para clasificar diferentes especies de cultivos en escenas prácticas de tierras de cultivo. La MCF-Net propuesta consta de una red parcial de etapas cruzadas (CSPNet) como módulo principal, tres subredes paralelas y un módulo de fusión de niveles cruzados. Con una arquitectura híbrida multiflujo que utiliza información granulométrica fina masiva, MCF-Net obtiene una capacidad de representación preferible para distinguir la discrepancia interclase y tolerar las variaciones intraclases. Además, la implementación integral de MCF-Net se optimiza mediante una estrategia de fusión entre niveles para identificar con precisión diferentes categorías de cultivos. Varios experimentos con conjuntos de datos CropDeepv2 demuestran que el método es superior a los métodos más avanzados. La precisión de reconocimiento y la puntuación F1 de MCF-Net alcanzan resultados muy competitivos de hasta el 90,6% y 0,962 por separado, superando en ambos casos a los modelos contrastados, lo que indica una mayor precisión de reconocimiento y estabilidad del modelo de nuestro método. Además, los parámetros generales de MCF-Net son sólo 807 MByte con lo que se consigue un

buen equilibrio entre el rendimiento y la complejidad del modelo. Es aceptable y adecuado para la implementación de plataformas IoT en prácticas agrícolas de precisión.

(Nikolajs Bumani, 2022) Internet de las cosas ofrece formas de obtener información sobre la producción agrícola; sin embargo, cuantos más datos hay, más difícil es determinar la forma correcta de procesarlos.

Se definen tres grupos de datos principales: los datos necesarios para garantizar los requisitos de las directivas de la UE, los datos de seguimiento de la granja para el análisis y la optimización del negocio, y los datos adicionales que pueden influir en la gestión general de la granja avícola. El conjunto de datos propuesto se implementó en la infraestructura existente de una granja avícola del Báltico. Se instalaron múltiples sensores de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) y NH<sub>3</sub> (amoníaco) para recopilar datos, cuyas mediciones anteriormente eran tomadas manualmente por el personal de la granja. La solución se desarrolló en un sistema centralizado de procesamiento de datos basado en la nube, en el que se utilizó MQTT Broker como medida de seguridad. Los datos procesados son utilizados por el sistema de apoyo a la toma de decisiones con el objetivo de definir la alimentación y el alojamiento óptimos.

(Konstantinos Perakis F. L., 2020) El objetivo de este artículo es presentar CYBELE, una plataforma que aspira a garantizar que las partes implicadas en la cadena de valor agroalimentaria (comunidad investigadora, PYME, empresarios, etc.) tengan un acceso integrado y sin intermediarios a la información. ) tengan un acceso integrado y sin intermediarios a una gran cantidad de conjuntos de datos a muy gran escala, de diversos tipos y procedentes de una variedad de fuentes, y que sean capaces de generar valor y extraer información de estos datos, proporcionando un acceso seguro y sin intermediarios a infraestructuras de computación de alto

rendimiento (HPC) a gran escala que soporten servicios avanzados de descubrimiento, procesamiento, combinación y visualización de datos, resolviendo retos computacionalmente intensivos modelados como algoritmos matemáticos que requieren una gran potencia y capacidad de cálculo.

(Anastasio Lytos, 2020) Los recientes avances en el ámbito de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) tienen la capacidad de recopilar, procesar y analizar datos procedentes de distintas fuentes, materializando al mismo tiempo el concepto de inteligencia agrícola. El próspero entorno para la implantación de diferentes sistemas agrícolas se justifica por una serie de tecnologías que ofrecen la perspectiva de mejorar la productividad agrícola mediante el uso intensivo de datos. El concepto de big data en agricultura no está relacionado exclusivamente con el gran volumen, sino también con la variedad y la velocidad de los datos recopilados. Big data es un concepto clave para el desarrollo futuro de la agricultura, ya que ofrece capacidades sin precedentes y permite diversas herramientas y servicios capaces de cambiar su estado actual. Este estudio abarca los sistemas agrícolas y las arquitecturas de big data más avanzadas, tanto en el ámbito de la investigación como en el comercial, en un esfuerzo por salvar la brecha de conocimiento entre los sistemas agrícolas y la explotación de los big data. La primera parte del documento está dedicada a la exploración de los sistemas agrícolas existentes, proporcionando la información de fondo necesaria para su evolución hasta que han alcanzado el estado actual, capaz de soportar diferentes plataformas y manejar múltiples fuentes de información. La segunda parte del estudio se centra en la explotación de múltiples fuentes de información, proporcionando información tanto para la naturaleza de los datos como para la



combinación de diferentes fuentes de datos con el fin de explorar todo el potencial de los sistemas TIC en la agricultura.

(Solemane Coulibaly B. K.-F., 2022) A partir del estudio de casos, han identificado tres desafíos clave que son esenciales en los métodos de aprendizaje profundo aplicados en agricultura: (i) la necesidad de considerar la percepción de los actores del dominio, su apropiación o interacción con las herramientas existentes; (ii) el requisito de realizar pruebas estadísticas para analizar el rendimiento de los clasificadores resultantes del proceso de aprendizaje; y (iii) la necesidad de realizar validaciones cruzadas estadísticas con los datos de entrenamiento. Al final, resumimos el proceso de tratamiento de datos agrícolas, que consta de varias partes, para una mejor consideración de las expectativas resultantes de los retos abordados. Consideramos que este estudio puede servir como guía de investigación para el científico y el práctico en la aplicación de la metodología de aprendizaje profundo en la agricultura.

(Kamran Munir M. G., 2022) La contribución clave es el desarrollo de una estrategia automatizada de gestión de reclamaciones y apoyo a la toma de decisiones, sobre la base de una amplia investigación sobre análisis de requisitos adaptada a Egipto. La solución se basa en la aplicación del descubrimiento y análisis de conocimientos sobre datos agrícolas y quejas de los agricultores, desplegada en una plataforma en la nube, para proporcionar a las partes interesadas de la agricultura en Egipto un apoyo oportuno y adecuado. Este artículo presenta el marco arquitectónico general del sistema junto con los servicios de información y almacenamiento, que se han basado en las fases de especificación de requisitos del proyecto junto con los conjuntos de datos históricos de los últimos 10 años de quejas y consultas de los agricultores en Egipto.

(Sjaak Wolfert L. G., 2017) El panorama de las partes interesadas muestra un interesante juego entre poderosas empresas tecnológicas, inversores de capital riesgo y, a menudo, pequeñas start-ups y nuevos participantes. Al mismo tiempo, hay varias instituciones públicas que publican datos abiertos, con la condición de que se garantice la privacidad de las personas. El futuro de la agricultura inteligente puede desenvolverse en un continuo de dos escenarios extremos: 1) sistemas cerrados y patentados en los que el agricultor forme parte de una cadena de suministro de alimentos altamente integrada o 2) sistemas abiertos y colaborativos en los que el agricultor y cualquier otra parte interesada de la red de la cadena sean flexibles a la hora de elegir socios comerciales tanto para la tecnología como para la producción de alimentos. El desarrollo de las infraestructuras de datos y aplicaciones (plataformas y normas) y su integración institucional desempeñarán un papel crucial en la lucha entre estos dos escenarios. Desde una perspectiva socioeconómica, los autores proponen dar prioridad en la investigación a las cuestiones organizativas relativas a la gobernanza y a los modelos empresariales adecuados para compartir datos en diferentes escenarios de la cadena de suministro.

(Cor Verdouw B. T., 2021) Este artículo analiza cómo los gemelos digitales pueden hacer avanzar la agricultura inteligente. Define el concepto, desarrolla una tipología de diferentes tipos de Gemelos Digitales y propone un marco conceptual para diseñar e implementar los Gemelos Digitales. El marco comprende un modelo de control basado en un enfoque de sistemas generales y un modelo de implementación para sistemas de Gemelos Digitales basado en la Arquitectura del Internet de las Cosas (IoT-A), una arquitectura de referencia para sistemas IoT. El marco se aplica y se valida en cinco casos de uso de agricultura inteligente del proyecto

europeo IoF2020, centrados en la agricultura de cultivos herbáceos, la ganadería lechera, la horticultura de invernadero, la agricultura ecológica de hortalizas y la ganadería.

(MarcadorDePosición1; Amina Roukh, 2020) En este artículo, proponen WALL e SMART, un sistema de gestión agrícola inteligente basado en la nube, aplicado a la región belga de Valonia. El marco introduce una arquitectura general para abordar los retos de la adquisición, procesamiento, almacenamiento y visualización de grandes cantidades de datos, tanto por lotes como en tiempo real. Se ha desarrollado un prototipo inicial y se ha probado con varias explotaciones agrícolas mostrando resultados destacados.

(Ravesa Akter, 2022) La emanación de las tecnologías basadas en Internet de las Cosas (IoT) ha reformado casi todas las industrias, como la ciudad inteligente, la salud inteligente, la red inteligente, el hogar inteligente, incluida la "agricultura inteligente o agricultura de precisión". La aplicación del aprendizaje automático mediante el análisis de datos de IoT en el sector agrícola generará nuevos beneficios para aumentar la cantidad y la calidad de la producción de los campos de cultivo y satisfacer la creciente demanda de alimentos. Estos avances revolucionarios están sacudiendo los enfoques agrarios actuales, generando nuevas y mejores oportunidades, además de una serie de limitaciones. Este artículo pone de relieve el poder y la capacidad de las técnicas informáticas, como Internet de las cosas, las redes de sensores inalámbricas, el análisis de datos y el aprendizaje automático en la agricultura.

(guido fastellini, 2020) La agricultura inteligente es la evolución de la agricultura de precisión y se basa en el Internet de las Cosas. Estos esfuerzos irán a más cuando los costes de Internet bajen y sean accesibles a la mayoría de los agricultores. Los agricultores africanos están dispuestos a adoptar cualquier tecnología que simplifique sus actividades económicas cotidianas.

Por eso el dinero móvil a través del teléfono es tan popular en África y muy útil entre las comunidades agrícolas.

(Ioanna Roussaki K. D.-M., 2023) Este documento presenta los principales conceptos de DEMETER y su arquitectura de referencia para abordar las necesidades de intercambio de datos e interoperabilidad de los agricultores, que se valida mediante dos rondas de 20 proyectos piloto a gran escala a lo largo del ciclo de vida de DEMETER. Este documento explica en detalle los dos proyectos piloto llevados a cabo en la región de Murcia en España, que se centran en el sector de los cultivos herbáceos y demuestran los beneficios de la arquitectura de referencia DEMETER desplegada.

(Pedro Castillejo \_; Pedro Castillejo, 2020; Pedro Castillejo, 2020) El proyecto ECSEL AFarCloud (Aggregate Farming in the Cloud) proporcionará una plataforma distribuida para la agricultura autónoma que permitirá la integración y cooperación de sistemas ciberfísicos agrícolas en tiempo real con el fin de aumentar la eficiencia, la productividad, la salud animal, la calidad de los alimentos y reducir los costes de mano de obra agrícola. Además, dicha plataforma puede integrarse con el software de gestión de las explotaciones para respaldar soluciones de supervisión y toma de decisiones basadas en big data y técnicas de minería de datos en tiempo real.

(Chappidi Anjanamma N. S., 2021) El Internet de las Cosas está haciendo posible que la agricultura, en virtud de la agricultura en particular cultivable, para encontrarse a sí mismo siendo impulsado por los datos, causando mucho más rápido, así como el desarrollo asequible, además de la administración de las explotaciones agrícolas, al mismo tiempo reducir su impacto

ambiental. Este artículo presenta el desarrollo de un sistema de Internet de las Cosas (IoT) y la implementación de análisis de datos en la mejora de la seguridad de la producción agrícola.

(nipuna chamara, 2022) Tradicionalmente, la recogida de datos en los campos agrícolas, que depende en gran medida de la mano de obra humana, sólo puede generar un número limitado de puntos de datos con baja resolución y precisión. Durante las dos últimas décadas, el seguimiento de los cultivos ha evolucionado drásticamente con el avance de las modernas tecnologías de detección. Y lo que es más importante, la introducción del IoT (Internet de las cosas) en la detección de cultivos, suelos y microclimas ha transformado la supervisión de cultivos de una tarea cualitativa y basada en la experiencia en una labor cuantitativa y basada en datos.

(Abderahman Rejeb K. R.-T., 2022) La proliferación del Internet de los objetos (IoT) ha transformado radicalmente el sector agrícola. En los últimos años, la investigación académica sobre el IoT ha crecido a un ritmo sin precedentes. Sin embargo, aún no se tiene una visión general de cómo esta tecnología puede beneficiar al sector agrícola. Para cerrar esta brecha de investigación, llevamos a cabo un estudio bibliométrico para investigar el estado actual de la IO y la agricultura en la literatura académica. Utilizando una visión basada en los recursos (RBV), también identificamos los recursos agrícolas que se ven más afectados por la introducción de la IO (es decir, semillas, suelo, agua, fertilizantes, pesticidas, energía, ganado, recursos humanos, infraestructura tecnológica, relaciones comerciales) y proponemos numerosos temas para futuras investigaciones.

La revisión sistemática permitió gestionar la búsqueda de la literatura acorde a los temas planteados, ayudando así a conocer esos aspectos en los cuales se han desarrollado proyectos e

investigaciones en relación con las temáticas y problemáticas que se plantean para la presente investigación, se encontraron diferentes investigaciones que relacionan temas como industria 4.0 agricultura 4.0, agricultura de precisión, arquitecturas de TI, Modelos de negocios aplicados al sector agroindustrial, automatización, la cual nos permite identificar ese foco específico de investigaciones que están relacionadas en los temas, más sin embargo no se ha encontrado suficiente información o documentos en los cuales se describa los modelos de negocio para la distribución y comercialización de un producto o servicio en relación a los temas planteados.

## Conclusión de la Revisión

La revisión sistemática permitió gestionar la búsqueda de la literatura acorde a los temas planteados, ayudando así a conocer esos aspectos en los cuales se han desarrollado proyectos e investigaciones en relación con las temáticas y problemáticas que se plantean para la presente investigación, se encontraron diferentes investigaciones que relacionan temas como industria 4.0 agricultura 4.0, agricultura de precisión, arquitecturas de TI, Modelos de negocios aplicados al sector agroindustrial, automatización, la cual nos permite identificar ese foco específico de investigaciones que están relacionadas en los temas, más sin embargo no se ha encontrado suficiente información o documentos en los cuales se describa los modelos de negocio para la distribución y comercialización de un producto o servicio en relación a los temas planteados.

La revisión sistemática concluye que la tecnología está transformando el sector agrícola y que las investigaciones se centran en demostrar los avances tecnológicos, especialmente en el Internet de las Cosas (IoT). Las aplicaciones en desarrollo incluyen la agricultura autónoma, la recolección de datos con alta resolución, precisión y la implementación de análisis de datos para la supervisión, toma de decisiones basadas en Big Data y técnicas de minería de datos en tiempo real. La tecnología IoT también tiene el potencial de mejorar la eficiencia, la productividad y la sostenibilidad ambiental en la agricultura.

La revisión también destaca la importancia de la gestión y el procesamiento de grandes cantidades de datos, así como la necesidad de interoperabilidad y la adopción de tecnologías por parte de los agricultores. La aplicación de tecnologías como la inteligencia artificial y la agricultura inteligente es fundamental para la mejora del sector agrícola y agroindustrial, así como para la generación de modelos de negocios innovadores. La colaboración y la interacción

interempresarial, así como la formación de clústeres agroindustriales, son importantes para fomentar el desarrollo económico sostenible en las regiones.

La revisión también señala que las tecnologías emergentes, como la robótica, el IoT, las redes 5G y el aprendizaje automático, pueden mejorar la eficiencia y la calidad de la producción agrícola, abordar los desafíos asociados a la seguridad alimentaria, el cambio climático y el aumento de la demanda de alimentos, y desempeñar un papel importante en la lucha contra los desafíos globales. La agricultura inteligente se ve como una alternativa prometedora para mejorar la eficiencia, la sostenibilidad y la seguridad alimentaria, siempre y cuando se apliquen los estándares adecuados de gestión y control. En general, se destaca la importancia de la tecnología en la agricultura y se subraya la necesidad de abordar los desafíos únicos de la agricultura para implementar soluciones efectivas.



## **Marco de Referencia**

### **Agricultura 4.0**

La Industria 4.0 o cuarta revolución industrial también representada por sus siglas 4RI representan un cambio elemental en la forma como se desarrollan actividades laborales diarias y de relacionamiento, este concepto más específicamente es un conjunto de procesos que conlleva a la total automatización e interconexión de la producción a través de sistemas ciber-físicos. El propósito de la agricultura 4.0 trata de la incorporación de tecnologías de la industria 4.0 al largo de los eslabones de la producción. desde la provisión de insumos, producción primaria, la agroindustria de transformación, la distribución y por último la comercialización de productos. Específicamente las tecnologías aplicables de la industria 4.0 a la agricultura comprenden: Machine Learning, sistemas expertos, inteligencia artificial, analítica de datos, las cadenas de bloque, computación en la nube, internet de las cosas, la inteligencia de negocios, los sistemas de conocimiento y soporte en la toma de decisiones. (Óscar Fernando Castellanos Domínguez, 2010)

### **Ventajas de la Agricultura 4.0**

Otros beneficios asociados con Industria con un tiempo de comercialización más rápido; se puede obtener mejor respuesta del cliente; aumentar la producción en masa, sin aumentar los costos; ambiente de trabajo flexible y amigable; uso más eficiente de la energía y los recursos naturales; combinar tecnología y disciplinas para crear nuevas fronteras de conocimiento. Esta combinación de tecnologías ha llevado a industrias manufactureras clave, como la agricultura, a integrar gradualmente tecnologías que permitirán a sus actores (partes interesadas) enfrentar desafíos globales en el futuro cercano, tales como: el aumento de la población a 9.700 millones

para 2050; uso sostenible de los recursos de la biodiversidad: asegurar la base de recursos naturales; seguridad alimentaria; sistemas productivos eficientes, inclusivos y resilientes, control de plagas, gobernanza local, regional, nacional y transnacional.

### **Internet de las Cosas**

Es una oportunidad a un sin número de posibilidades en el sector, el monitoreo y el control son las actividades de valor que se pueden realizar de forma remota. Con este concepto se busca potenciar la agricultura de precisión a través de la computación en la nube (Diego-Hernando Flórez-Martínez, 2020). Wireless remote sensors Estas comprenden tecnologías de posicionamiento (GPS), transmisión de datos por tecnologías móviles (bluetooth), y de identificación de radiofrecuencia (RFID), contribuyen a tener registros en tiempo real e histórico de posiciones y movimientos, recolección de datos por proximidad a través de dispositivos emisores y receptores, e identificación de objetos y animales a lo largo de la cadena de valor (Diego-Hernando Flórez-Martínez, 2020).

### **Arquitectura de TI**

La arquitectura de TI es un conjunto de principios, directrices y estándares que definen la estructura y el funcionamiento de los sistemas de tecnología de información en una organización. Según la definición de Zachman (1987), la arquitectura de TI es "el conjunto fundamental de decisiones acerca de la organización de un sistema de tecnología de información y la estructura de sus componentes".

Además, según el Instituto de Arquitectos de Software (2011), la arquitectura de TI "define los componentes, las relaciones y las interacciones entre los sistemas de tecnología de

información de una organización, y proporciona una guía para el diseño, la implementación y el mantenimiento de esos sistemas".

En resumen, la arquitectura de TI es esencial para garantizar la coherencia, la eficiencia y la efectividad de los sistemas de tecnología de información de una organización, y su importancia radica en la capacidad de proporcionar una estructura sólida y consistente que facilite la toma de decisiones y la adaptación a los cambios en el entorno empresarial.

Para plantear una arquitectura de TI completa es necesario realizar varios diagramas y descripciones para tener una visión completa y detallada del sistema. Algunos de los diagramas y descripciones que podrían ser necesarios son:

**Diagrama de bloques.** Este diagrama muestra las distintas partes de la arquitectura de TI y cómo interactúan entre ellas. Es importante que este diagrama sea lo suficientemente claro como para que cualquier persona pueda entender la estructura general del sistema.

**Diagrama de flujo de datos.** Este diagrama muestra cómo los datos fluyen a través de la arquitectura de TI, desde su origen hasta su destino. Es importante que este diagrama sea lo suficientemente detallado como para que se puedan identificar los puntos críticos del sistema y cómo se manejan los datos en cada uno de ellos.

**Descripción de los componentes.** En esta descripción se detallan cada uno de los componentes de la arquitectura de TI, incluyendo su función, su interacción con otros componentes y sus requisitos técnicos.

**Descripción de la interacción.** En esta descripción se detallan cómo los componentes interactúan entre ellos y cómo se gestionan los flujos de información en todo el sistema.

Descripción de los requisitos no funcionales. En esta descripción se especifican los requisitos de la arquitectura de TI que no están relacionados con su funcionalidad, como por ejemplo los requisitos de seguridad, de escalabilidad y de mantenimiento.

Descripción de los requisitos funcionales. En esta descripción se especifican los requisitos de la arquitectura de TI que están relacionados con su funcionalidad, como por ejemplo los requisitos de rendimiento, de disponibilidad y de usabilidad.

### **Modelo Canvas**

(Alonso, 2022) El modelo Canvas, conocido como Business Model Canvas o BMC, es una herramienta estratégica que ofrece una representación visual para construir un modelo de negocio competitivo y creativo. Esta herramienta es ampliamente utilizada en diferentes contextos, como la creación de nuevas empresas, startups, proyectos de innovación social y también en empresas establecidas que desean actualizar y revitalizar su modelo de negocio. El objetivo principal del modelo Canvas es convertir ideas de negocio en acciones innovadoras, brindando una estructura clara y visual para explorar oportunidades y desarrollar estrategias de manera efectiva. Los 9 bloques de construcción de una plantilla BMC son:

#### ***Socios Clave***

Enumere las asociaciones clave que su negocio aprovecha o en las que confía para tener éxito. Incluya los recursos o el valor que su empresa obtiene de estas asociaciones.

#### ***Actividades Clave***

Resuma las actividades clave que le permiten a su empresa brindar servicios y cumplir con su propuesta de valor.

***Recursos Clave***

Enumere los recursos clave de los que depende o utiliza su empresa para operar y proporcionar servicios.

***Proposiciones Clave***

Resuma las diferentes propuestas de valor que diferencian a su empresa de la competencia.

***Relaciones con los Clientes***

Defina y describa las relaciones principales que tiene con sus clientes, incluida la forma en que interactúa con esto, cómo estas interacciones difieren entre los diferentes tipos de clientes, cuáles son las diferentes necesidades de los clientes y el nivel de soporte que reciben los diferentes clientes.

***Canales***

Detalle cómo se llega a sus clientes, cómo se brindan sus servicios, sus diferentes canales de distribución y cómo se entrega su propuesta de valor.

***Segmentos de Clientes***

En esta etapa se definen las personas ideales de los clientes que su propuesta de valor pretende beneficiar, luego describa las diferencias clave entre estos segmentos y los posibles pasos en el recorrido del cliente.

***Estructura de Costos***

Se identifican los costos principales asociados con la operación de su negocio y la prestación de sus servicios, luego detalle la relación entre estos costos y otras funciones comerciales.

***Fuentes de Ingresos***

Describa cómo su negocio genera ingresos a través de la entrega de su propuesta de valor.

Y este se suele representar de forma gráfica de la siguiente manera

## Metodología

El diseño de la arquitectura de TI y modelo de negocio para la aplicación de agricultura de precisión en cultivos de tomate son los siguientes:

Realizar una revisión de los diseños de modelos de gestión empresariales existentes, para la determinación de sus variables componentes a través de la técnica de análisis documental y encuestas aplicadas a unidades productivas y la revisión de la literatura relacionada.

Identificar los requerimientos y objetivos del proyecto, tomando en cuenta las necesidades de los agricultores y las posibilidades tecnológicas para la aplicación de agricultura de precisión en los cultivos de tomate.

Definir la arquitectura de TI que se utilizará para la recolección, procesamiento y análisis de los datos, considerando aspectos como la selección de la plataforma de hardware, la elección del software necesario, la configuración de la red de comunicación y la integración con otros sistemas existentes.

Evaluar y seleccionar las tecnologías más adecuadas para el proyecto, considerando aspectos como la compatibilidad, el rendimiento, la escalabilidad, la facilidad de uso y la seguridad.

Diseñar el modelo de negocio que se utilizará para la implementación del proyecto, definiendo aspectos como el modelo de ingresos, los costos asociados, la estrategia de marketing y la planificación financiera.

Realizar pruebas y validaciones de la arquitectura de TI y el modelo de negocio, asegurándose de que este planteada bajo normativas vigentes adecuada y cumple con los objetivos establecidos.

Este tipo de investigación representa sus datos de forma cuantitativa y cualitativa para una mejor recopilación de información, determinando su eficacia a partir de los estudios realizados sobre las encuestas aplicadas a los clientes.

Fórmulas para calcular la muestra en estudios descriptivos Según (Octavio Reyes, 2013)  
 Cuando se conoce el tamaño de la población "N", es posible utilizar otras fórmulas que nos apoyen reduciendo el tamaño de muestra sin perder con fiabilidad, la razón al respecto es que con un valor conocido de la población menor o igual a 5,000 individuos bajo estudio (población finita), se pueden hacer los ajustes matemáticos a la fórmula propuesta. De acuerdo con Mercado (1999), la fórmula recomendada es:  $n =$  tamaño de la muestra a determinar.

$$n = \frac{0.25 * N}{(EE / Z)^2 * (N - 1) + 0.25}$$

Z = coeficiente del nivel de confianza.

N = tamaño del universo o población.

EE = margen de error estimado

### **Tipo de Investigación**

Esta investigación es de tipo descriptiva ya que permite identificar el tipo de información que se requiere, también el nivel que se debe realizar.



**Figura 4**

*Estrategia para el desarrollo de arquitectura de TI*



*Nota.* La figura presenta los pasos propuestos para el desarrollo de la investigación (Autoría propia).

## Población y Muestra

**Figura 5**

*Población y muestra*



*Nota.* La figura muestra subgrupo de profundidad, alcance, técnica y la muestra (Autoría propia).

## Muestra

Para una población de 350 personas y un margen de error del 17%, Se logro calcular el tamaño de muestra utilizando la fórmula:

$$n = N / (1 + N*(e^2))$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población

e = margen de error deseado

Sustituyendo los valores:

$$n = 350 / (1 + 350*(0.17^2))$$

$$n = 350 / (1 + 350*(0.0289))$$

$$n = 350 / (1 + 10.115)$$

$$n \approx 350 / 11.115$$

$$n \approx 31.49$$

Redondeamos hacia arriba al siguiente número entero:

$$n \approx 32$$

Por lo tanto, para una población de 350 personas y un margen de error del 17%, se recomendaría una muestra de aproximadamente 32 personas.

## Diseño de la Encuesta

Con este modelo de negocio se busca ser rentable, también sostenible en el tiempo, fomentando prácticas agrícolas más responsables y conscientes con el medio ambiente.

1. ¿Cuál es tu ocupación actual?
  - a. Agricultor/a
  - b. Técnico/a agrícola
  - c. Investigador/a agrícola
  - d. Otro/a (especificar) \_\_\_\_\_
  
2. ¿Cuál es tu edad?
  - a. Menor de 25 años
  - b. Entre 25 y 40 años
  - c. Entre 41 y 60 años
  - d. Mayor de 60 años
  
3. ¿Cuál es tu nivel de estudios?
  - a. Primaria
  - b. Secundaria
  - c. Técnico/a agrícola
  - d. Universidad (licenciatura o grado)
  - e. Postgrado (maestría o doctorado)
  
4. ¿Cuál es el tamaño de tu núcleo familiar?
  - a. Menos de 3 personas
  - b. Entre 3 y 5 personas
  - c. Entre 6 y 8 personas
  - d. Más de 8 personas

5. ¿Qué tan importante consideras la precisión en la producción agrícola?
- Muy importante
  - Importante
  - Poco importante
  - Nada importante
6. ¿Qué tipo de tecnologías utilizas actualmente en tu producción agrícola?
- Ninguna
  - Sistemas de información geográfica (GIS)
  - Sistemas de posicionamiento global (GPS)
  - Monitores de cultivo
  - Otras (especificar) \_\_\_\_\_
7. ¿Has considerado la posibilidad de implementar nuevas tecnologías para mejorar la precisión de tu producción agrícola?
- Sí
  - No
8. ¿Qué factores consideras al momento de decidir si implementar nuevas tecnologías?
- Costo
  - Facilidad de uso
  - Disponibilidad de la tecnología en el mercado
  - Beneficios para la producción agrícola
  - Otros (especificar) \_\_\_\_\_

9. ¿Crees que la implementación de tecnologías para mejorar la precisión en la producción agrícola es una inversión rentable a largo plazo?

- a. Sí
- b. No
- c. No estoy seguro

¿Por qué?

10. ¿Qué desafíos crees que podrían presentarse al momento de implementar nuevas tecnologías en la producción agrícola?

- a. Falta de conocimiento técnico
- b. Costo de implementación
- c. Falta de apoyo por parte de los trabajadores
- d. Dificultades para integrar la tecnología con los sistemas actuales
- e. Otros (especificar) \_\_\_\_\_

¿porqué?

11. ¿Cuál es el aspecto que más te dificulta en la producción agrícola actualmente?

- a. Falta de recursos financieros
- b. Problemas con el clima
- c. Problemas con la tierra
- d. Problemas con los cultivos
- e. Otros (especificar) \_\_\_\_\_

¿Por qué?

12. ¿Cuál es el mayor costo en tu producción agrícola actualmente?

- a. Mano de obra
- b. Insumos y materiales
- c. Maquinaria y equipo
- d. Energía y servicios públicos
- e. Otros (especificar) \_\_\_\_\_

13. ¿Te gustaría recibir información adicional acerca de cómo las tecnologías pueden mejorar la precisión en la producción agrícola?

- a. Sí
- b. No

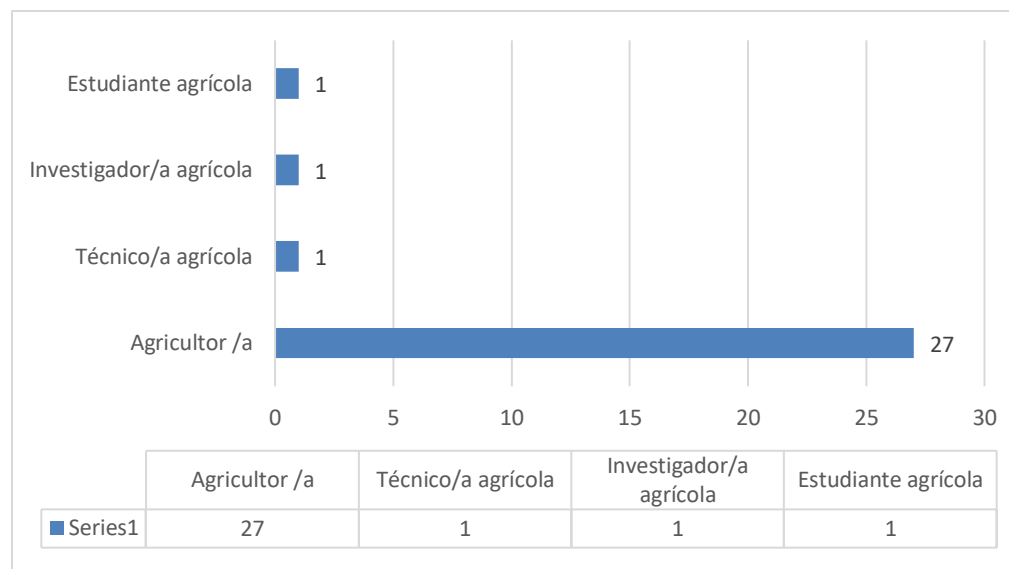
¿porqué?

14. ¿Cuál es tu opinión general acerca de la implementación de tecnologías para mejorar la precisión en la producción agrícola?

- a. Muy favorable
- b. Favorable
- c. Neutral
- d. Desfavorable
- e. Muy desfavorable

### **Análisis de la Encuesta**

Se aplico la encuesta a cantidad de personas que se planteó en el cálculo de la muestra en el cual se obtuvieron los siguientes resultados de acuerdo con las percepciones de los encuestados.

**Figura 6***Ocupación de los encuestados*

*Nota.* La figura muestra el resultado de la ocupación de los encuestados (Autoría propia).

En la encuesta aplicada, se les preguntó a 30 personas sobre su ocupación, donde se encontró que la mayoría de las personas encuestadas, específicamente el 90% (27 personas), son agricultores. El resto de la muestra incluye a un técnico agrícola, un investigador agrícola y un estudiante de Ingeniería Agrícola.

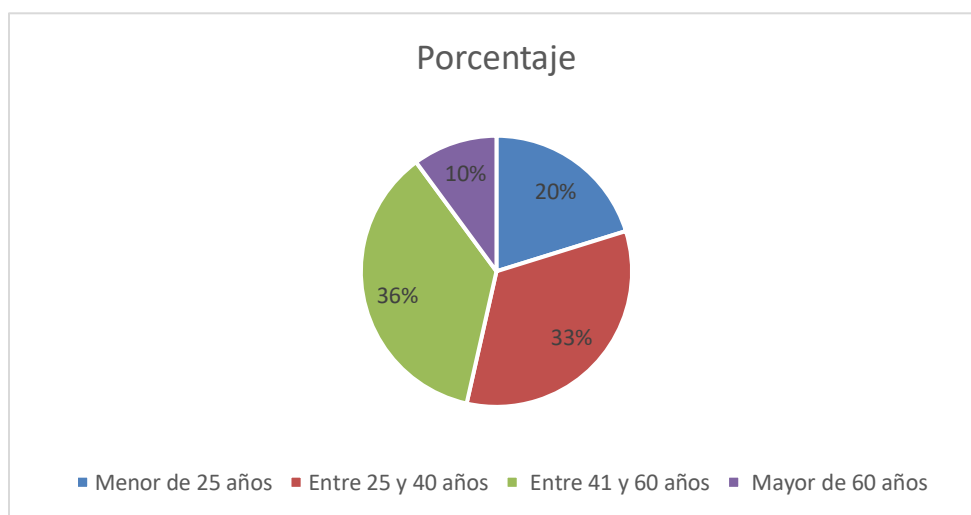
Este resultado sugiere que la muestra se enfocó principalmente en agricultores, quienes son los principales involucrados en la producción de tomates, por lo tanto, son una fuente valiosa de información sobre los desafíos y necesidades en este ámbito. Además, la inclusión de un técnico y un investigador agrícola en la encuesta también puede proporcionar información valiosa sobre la aplicación de la agricultura de precisión en el cultivo de tomates desde una perspectiva técnica y científica. Por último, la inclusión de un estudiante de agricultura puede

indicar el interés y la disposición de las nuevas generaciones de agricultores para adoptar tecnologías avanzadas y prácticas agrícolas sostenibles en su producción.

### 1. ¿Cuál es tu edad

#### **Figura 7**

*Ocupación de los encuestados*



*Nota.* La figura presenta el resultado de la edad de los encuestados (Autoría propia).

El análisis de la edad de los encuestados sugiere que la mayoría de los encuestados se encuentran en el rango de edad entre 25 y 60 años, lo que indica que hay una buena representación de la población activa en términos de edad. Esto es importante ya que los agricultores en edad activa pueden ser más propensos a adoptar nuevas tecnologías que aquellos que se encuentran en los extremos más jóvenes o mayores de la población. Además, el porcentaje de encuestados menores de 25 años es relativamente alto, lo que indica que hay un interés en la agricultura entre la población más joven. Por otro lado, el bajo porcentaje de encuestados mayores de 60 años podría indicar que hay una brecha generacional en la adopción de tecnologías en la agricultura. Es importante tener en cuenta estos resultados al diseñar

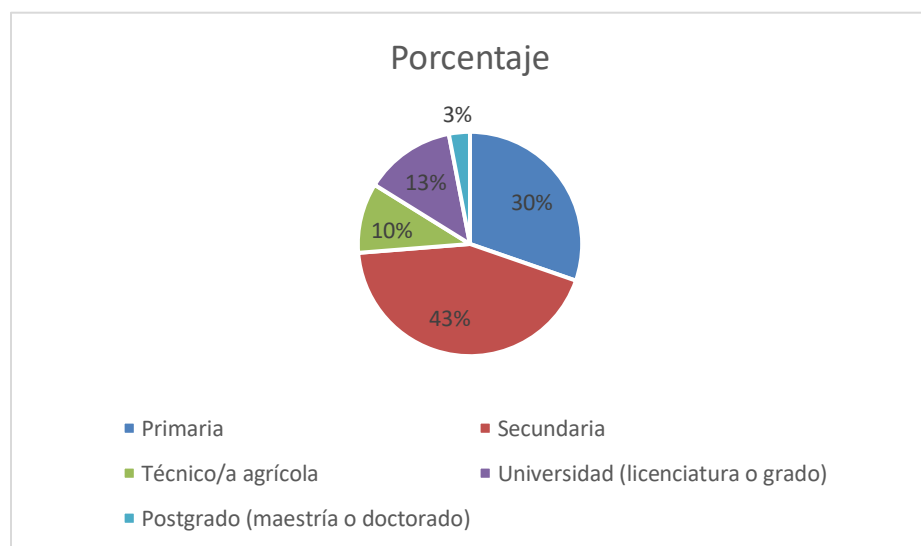


soluciones de tecnología agrícola que sean atractivas y accesibles para una amplia gama de edades en el sector agrícola.

2. ¿Cuál es tu nivel de estudios?

### Figura 8

*Nivel de estudios de los encuestados*



*Nota.* La figura presenta el resultado de la pregunta que trata sobre el nivel de estudios del encuestado (Autoría propia).

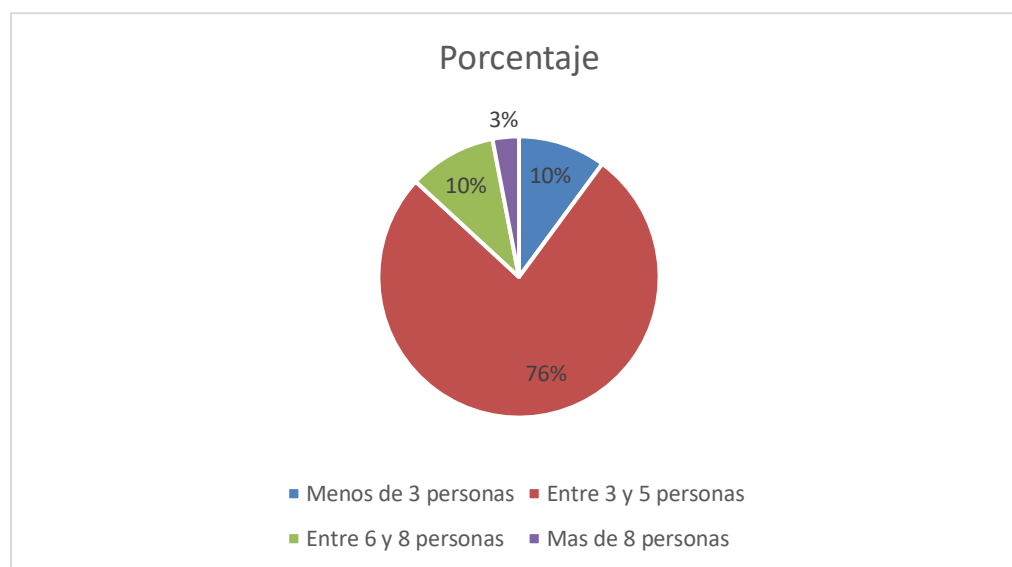
El análisis de los resultados de la pregunta sobre el nivel de estudios de los encuestados sugiere que la mayoría de ellos tienen niveles educativos básicos y medios, ya que el 30% de ellos indicaron haber cursado estudios de nivel primario, y el 43,3% indicaron haber cursado estudios de nivel secundario. Solo el 13,3% de los encuestados tienen estudios universitarios, lo que indica que hay un bajo nivel de educación superior entre los agricultores y otros profesionales relacionados con el sector agrícola en la comunidad. El 10% de los encuestados son técnicos agrícolas, lo que sugiere que existe un interés en la capacitación técnica en esta área.

Además, el 3,3% de los encuestados indicaron haber cursado estudios de postgrado, lo que indica que hay una pequeña cantidad de personas en la comunidad que tienen un alto nivel de educación en el área agrícola. Estos resultados podrían indicar la necesidad de una mayor promoción de la educación y capacitación en tecnologías agrícolas avanzadas para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad en la producción agrícola.

### 3. ¿Cuántas personas conforman tu núcleo familiar?

#### Figura 9

*Cantidad de personas que conformar la familia de los encuestados*



*Nota.* La pregunta trata sobre la pregunta que indaga sobre la cantidad de personas que conforman el núcleo familiar del encuestado (Autoría propia).

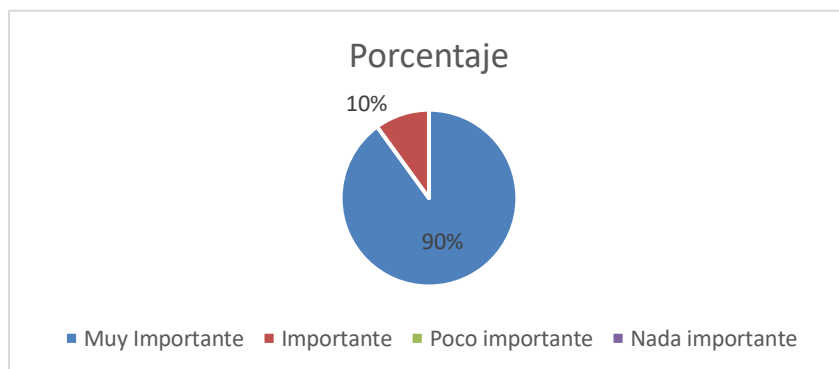
Los resultados de esta pregunta muestran que la mayoría de los encuestados tienen un núcleo familiar de entre 3 y 5 personas, lo que indica que es posible que haya personas en el hogar que puedan ayudar o promover el uso de tecnologías en el cultivo de tomates. Es importante tener en cuenta que solo el 10% de los encuestados tienen un núcleo familiar de

menos de tres personas, lo que podría indicar una mayor dependencia en ellos mismos para aplicar tecnologías y prácticas de agricultura de precisión. Por otro lado, solo el 3,3% de los encuestados tienen un núcleo familiar de más de 8 personas, lo que sugiere que la mayoría de los encuestados no están gestionando grandes extensiones de tierra.

4. ¿Qué tan importante consideras la precisión en la producción agrícola?

**Figura 10**

*Que tan importante es la precisión de la producción agrícola*



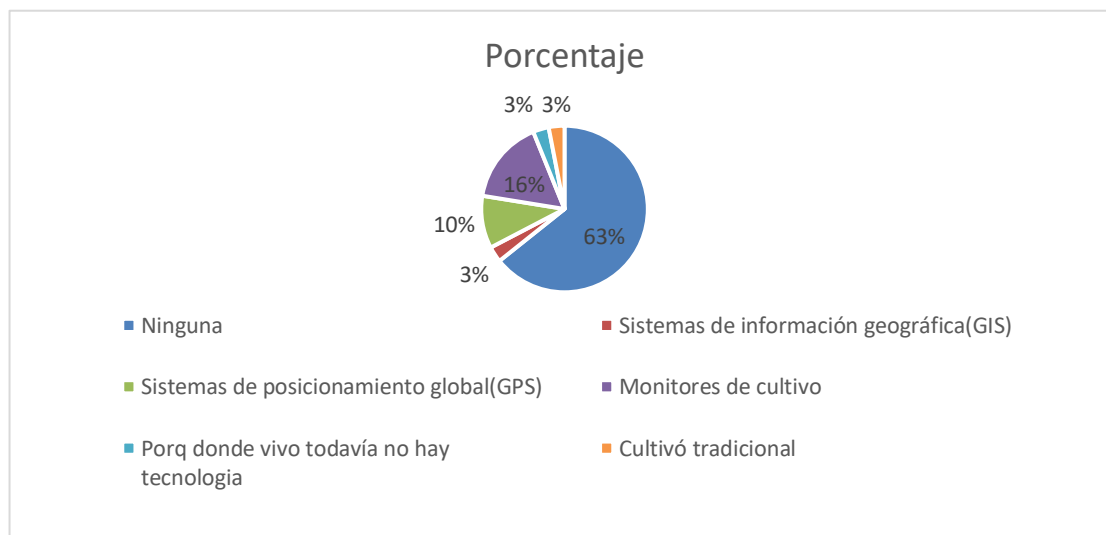
*Nota.* La figura muestra el resultado obtenido de la pregunta que trata sobre la percepción de la importancia de la precisión en la producción agrícola (Autoría propia).

Basado en la pregunta sobre la importancia de la precisión en la agricultura, es evidente que la mayoría de los encuestados (90%) consideran que la precisión en la agricultura es muy importante. Esto sugiere que los encuestados están conscientes de la importancia de la precisión en la agricultura, y probablemente están dispuestos a utilizar tecnologías de precisión para mejorar la producción agrícola.

5. ¿Qué tipo de tecnologías utilizas actualmente en tu producción agrícola?

## Figura 11

*Tipo de tecnologías que utilizan los encuestados*



*Nota.* La figura muestra el resultado de la pregunta, que tipo de tecnologías utilizan los encuestados (Autoría propia).

En la encuesta se hizo la pregunta sobre los tipos de tecnologías que se emplean en la producción agrícola. Los resultados mostraron que el 63% de los encuestados no emplean ninguna tecnología en su producción agrícola. Solo un pequeño porcentaje de encuestados utilizan sistemas de información geográfica (3%), sistemas de posicionamiento global (10%) y monitoreos de cultivo (16%).

Estos resultados indican que la mayoría de los encuestados no están empleando tecnologías en su producción agrícola. Esto puede deberse a varios factores, como la falta de conocimiento, la falta de acceso a la tecnología o la falta de recursos para invertir en tecnología. Además, el hecho de que solo un pequeño porcentaje de encuestados estén utilizando tecnologías específicas sugiere que existe una necesidad de educación y capacitación en el uso de estas tecnologías.

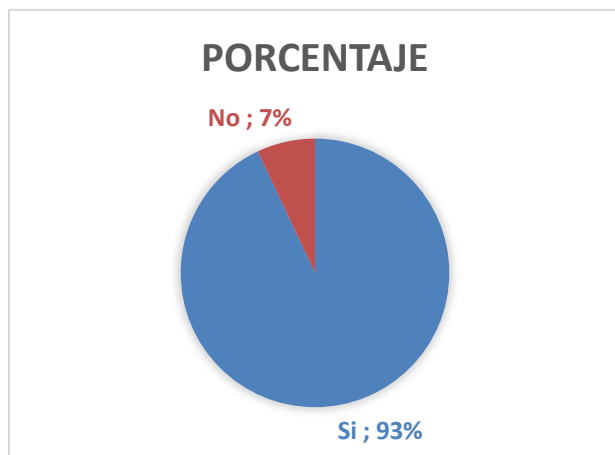
La falta de uso de tecnología en la producción agrícola puede limitar la eficiencia y productividad de la producción. El uso de tecnología en la agricultura de precisión, como los sistemas de información geográfica, los sistemas de posicionamiento global y los monitoreos de cultivo, pueden proporcionar información valiosa para tomar decisiones más informadas y eficientes en la producción agrícola.

Es importante destacar la necesidad de educación y capacitación en el uso de tecnologías agrícolas para promover una mayor adopción y uso de tecnologías en la producción agrícola.

6. ¿Has considerado la posibilidad de implementar nuevas tecnologías para mejorar la precisión de tu producción agrícola?

### Figura 12

*Posibilidad de implementar nuevas tecnologías*



*Nota.* La figura presenta, las respuestas obtenidas a partir de la pregunta aplicada a los encuestados, la posibilidad de implementar nuevas tecnologías (Autoría propia).

Basado en los resultados de la encuesta, se puede observar que la gran mayoría de los encuestados (93,3%) han considerado la posibilidad de implementar tecnologías para mejorar la

producción agrícola, lo cual indica un alto nivel de interés en el uso de nuevas tecnologías en el sector agrícola.

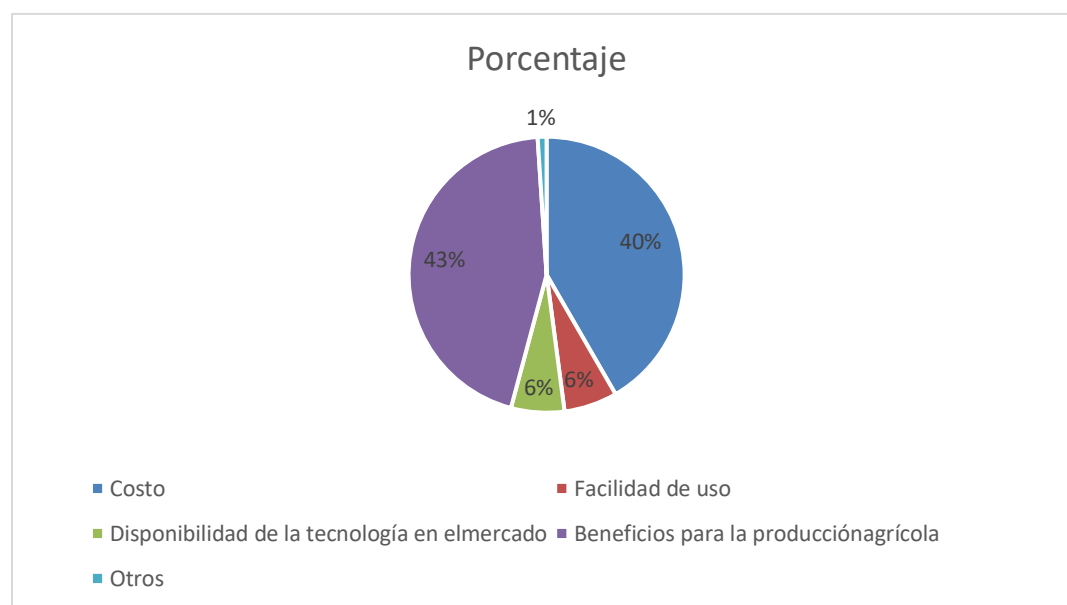
Este alto nivel de interés podría ser un indicador de que los agricultores y demás profesionales involucrados en la producción agrícola están buscando soluciones innovadoras y eficientes para mejorar su producción. Además, también puede ser un reflejo del aumento de la conciencia sobre la importancia de la agricultura de precisión en el sector.

Por otro lado, es importante señalar que un pequeño porcentaje (6,7%) de los encuestados aún no ha considerado la implementación de tecnologías para mejorar la producción agrícola. Esto podría deberse a una falta de conocimiento sobre el tema o a la falta de acceso a las tecnologías necesarias. En cualquier caso, estos resultados pueden ser útiles para diseñar estrategias que promuevan el uso de tecnologías en el sector agrícola.

#### 7. ¿Qué factores consideras al decidir implementar nuevas tecnologías?

**Figura 13**

*Factores para implementar nuevas tecnologías*



*Nota.* La figura muestra el resultado de la pregunta aplicada a los encuestados según los resultados de la encuesta, sobre los aspectos importantes para implementar tecnologías (Autoría propia).

El factor más importante para decidir la implementación de nuevas tecnologías en la producción agrícola es el beneficio en la producción agrícola, con un 43% de los encuestados que lo consideraron como tal. En segundo lugar, se encuentra el costo, con un 40%, lo que sugiere que los agricultores son conscientes del impacto económico que la implementación de nuevas tecnologías puede tener en su negocio.

Por otro lado, la facilidad de uso y la disponibilidad en el mercado fueron factores menos relevantes, con un 6% cada uno. Esto podría indicar que los agricultores valoran más los beneficios que les proporciona la tecnología que la facilidad de uso o la disponibilidad en el mercado.

Además, solo un 1% mencionó otros factores, lo que sugiere que los agricultores tienen una idea clara de los factores que consideran al momento de decidir la implementación de nuevas tecnologías en su producción agrícola.

Se pidió que se justificara la elección de la respuesta anterior para ello se concluye lo siguiente.

Basándonos en las respuestas de los encuestados, se puede observar que la mayoría ha considerado la posibilidad de implementar tecnologías para mejorar la producción agrícola y que el factor más importante para tomar esta decisión es el beneficio que aportaría a la producción. Además, se destaca la importancia que se le otorga a la precisión en la agricultura y la mayoría de los encuestados consideran que es muy importante.

Respecto a los factores que se consideran al momento de decidir implementar nuevas tecnologías, el costo y los beneficios en la producción agrícola son los factores más relevantes para los encuestados.

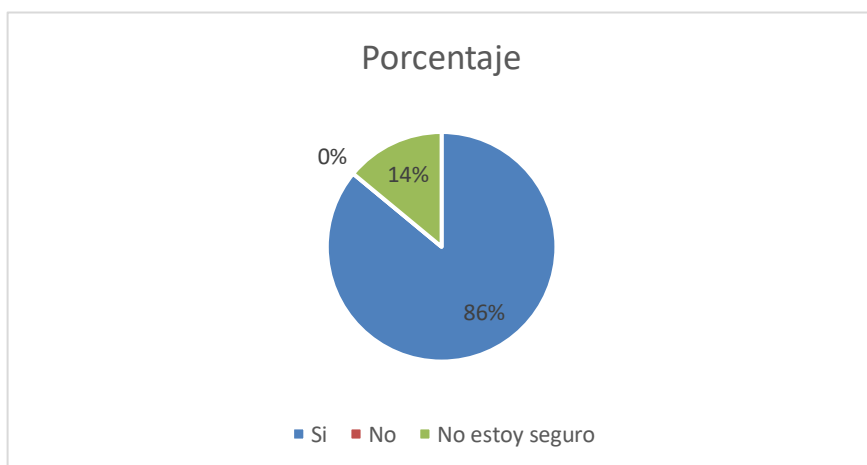
Por último, en cuanto a las tecnologías que actualmente se están empleando en la producción agrícola, se observa que la mayoría de los encuestados no está utilizando ninguna tecnología en particular, pero sí hay una minoría que está utilizando monitoreos de cultivo y sistemas de posicionamiento global.

En general, se puede concluir que los encuestados están abiertos a la posibilidad de implementar nuevas tecnologías en la producción agrícola, siempre y cuando estas tecnologías aporten beneficios y sean accesibles en términos de costos

8. ¿Crees que la implementación de tecnologías para mejorar la precisión en la producción agrícola es una inversión rentable a largo plazo?

**Figura 14**

*Implementación de nuevas tecnologías es rentable*





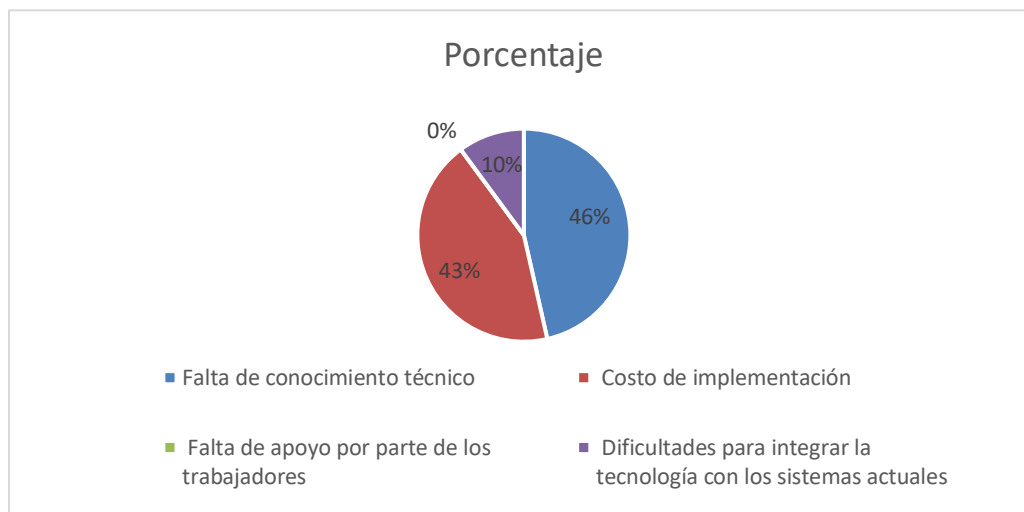
*Nota.* La figura presenta la respuesta de los encuestados sobre la pregunta que trata de la precisión en la producción a largo plazo (Autoría propia).

La implementación de tecnologías para mejorar la precisión de la producción agrícola es una inversión rentable a largo plazo. Los resultados muestran que el 86% de los encuestados cree que sí es una inversión rentable a largo plazo, mientras que el 14% no está seguro.

Las justificaciones de los encuestados que creen que es una inversión rentable se enfocan principalmente en el aumento de la producción y la rentabilidad, la mejora de la calidad del producto, la facilidad de manejo y la reducción de costos. Algunos encuestados mencionan que la tecnología permitiría un seguimiento y monitoreo constante de los cultivos, lo que mejoraría la calidad y cantidad de la producción. También se menciona que la tecnología puede reducir costos y facilitar el trabajo de los agricultores.

Por otro lado, los encuestados que no están seguros probablemente necesiten más información sobre la agricultura de precisión y sus beneficios potenciales para poder tomar una decisión informada. En general, los resultados sugieren que la mayoría de los encuestados ven la implementación de tecnologías para mejorar la precisión de la producción como una inversión rentable a largo plazo.

9. ¿Qué desafíos crees que podrían presentarse al momento de implementar nuevas tecnologías en la producción agrícola?

**Figura 15***Implementación de nuevas tecnologías es rentable*

*Nota.* La figura muestra la percepción de los encuestados, sobre los desafíos de la implementación de tecnologías (Autoría propia).

El desafío más comúnmente mencionado por los encuestados al implementar nuevas tecnologías en la producción agrícola fue la falta de conocimiento técnico, con un 46% de las respuestas. Esto sugiere que muchas personas en el campo no tienen la capacitación o el conocimiento adecuado para utilizar las nuevas tecnologías, lo que podría dificultar la adopción de estas herramientas.

El segundo desafío más común mencionado fue el costo de implementación, con un 43% de las respuestas. Esto indica que el costo de adquirir y utilizar nuevas tecnologías podría ser un obstáculo importante para muchos agricultores.

En tercer lugar, con un 10% de las respuestas, se mencionaron dificultades para integrar las tecnologías con los sistemas actuales. Esto sugiere que algunos agricultores pueden tener

sistemas y procesos existentes que no son compatibles con las nuevas tecnologías, lo que podría retrasar la adopción de estas herramientas.

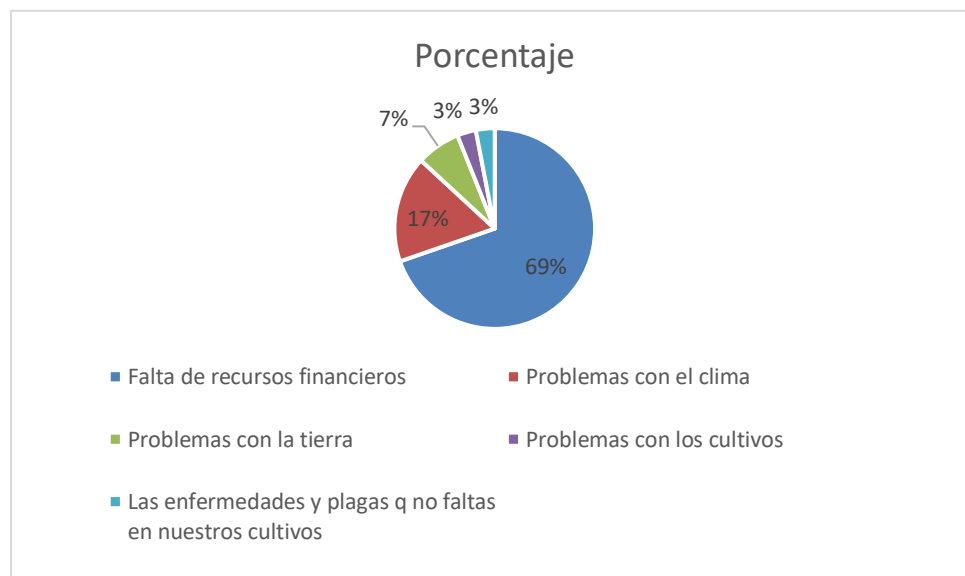
Es interesante observar que ninguno de los encuestados mencionó la falta de apoyo por parte de los trabajadores como un desafío para implementar nuevas tecnologías en la producción agrícola. Sin embargo, algunos mencionaron la falta de apoyo por parte del estado al sector agrícola.

En general, parece que la falta de conocimiento técnico y el costo de implementación son los principales desafíos que deben abordarse para fomentar la adopción de nuevas tecnologías en la producción agrícola-

10. ¿Cuál es el aspecto que más te dificulta en la producción agrícola actualmente?

**Figura 16**

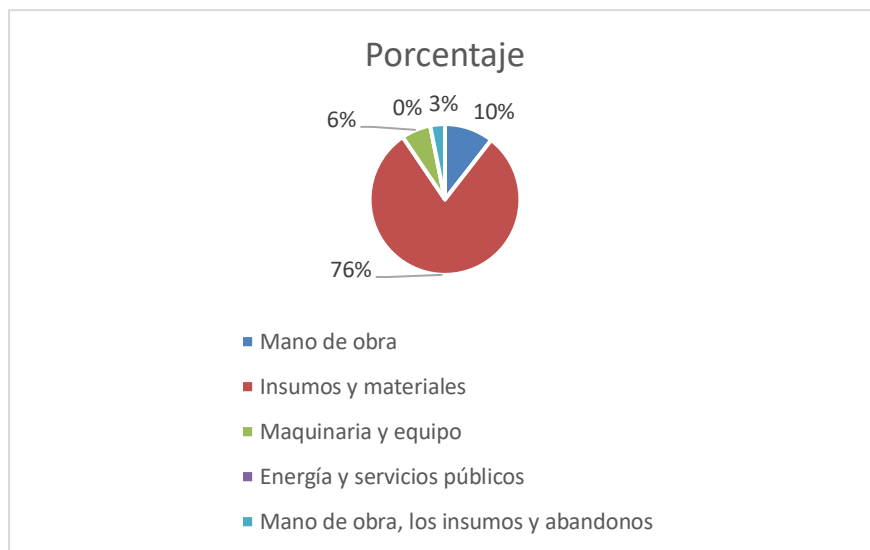
*Aspecto que se dificulta en la producción actualmente*



*Nota.* La figura presenta el resultado de los aspectos que más dificultan la producción obtenidos de la encuesta aplicada (Autoría propia).

Se puede notar que la falta de recursos financieros es el aspecto que más dificulta la producción agrícola, según el 69% de los encuestados. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el uso de tecnologías modernas puede contribuir a la reducción de costos de producción a largo plazo. Aunque el costo de implementación pueda ser alto, la precisión y eficiencia que ofrecen estas tecnologías pueden resultar en una producción más económica en el futuro. Los problemas con el clima fueron mencionados por el 17% de los encuestados, lo que puede ser un indicador de que la variabilidad climática es un problema común en la agricultura y puede afectar la producción de alimentos. Los problemas con la tierra, los cultivos y las plagas fueron mencionados por el 7% y 3% de los encuestados, respectivamente, lo que sugiere que estos también son factores que pueden afectar la producción agrícola. En general, es importante considerar que, aunque la falta de recursos financieros puede limitar la capacidad de los agricultores para implementar tecnologías modernas, su uso puede ser beneficioso a largo plazo para reducir costos de producción y mejorar la productividad de los cultivos

12. ¿Cuál es el mayor costo en tu producción agrícola actualmente?

**Figura 17***Mayor costo en la producción*

*Nota.* La figura representa el resultado de la pregunta que trata sobre lo que genera mayores costos en la producción agrícola (Autoría propia).

Según las respuestas de la encuesta, el aspecto que tiene mayor costo en la producción actualmente es el de insumos y materiales, mencionado por el 76% de los encuestados. Esto puede incluir una amplia gama de elementos, como semillas, fertilizantes, pesticidas, herbicidas, equipos de protección personal, combustibles, herramientas, entre otros. La alta dependencia de insumos y materiales para la producción agrícola puede ser un indicador de que los agricultores tienen que hacer frente a precios elevados y en algunos casos, a una oferta limitada de estos recursos.

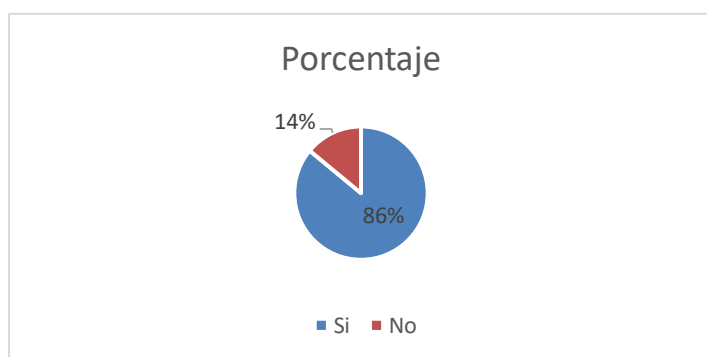
El segundo aspecto que mencionaron es la mano de obra, con un 10% de las respuestas. Esto sugiere que, aunque la mano de obra puede no ser el factor más costoso, sigue siendo un desafío para algunos agricultores debido a la escasez de trabajadores en algunas áreas o a la falta de capacitación y habilidades en la fuerza laboral.

Por último, la maquinaria y el equipo se mencionaron en un 6% de las respuestas, lo que sugiere que estos elementos pueden tener un costo significativo en la producción agrícola. La energía y los servicios públicos no fueron mencionados como un factor de costo importante en la producción agrícola.

11. ¿Te gustaría recibir información adicional acerca de cómo las tecnologías pueden mejorar la precisión en la producción agrícola?

### Figura 18

*Información adicional acerca de las tecnologías de precisión*



*Nota.* En la figura se muestra el resultado de la pregunta acerca del interés de recibir más información de la aplicación de tecnologías en la producción agrícola (Autoría propia).

Según los resultados de la encuesta, el 86% de los encuestados expresaron su interés en recibir información sobre cómo las tecnologías pueden mejorar la precisión de la producción agrícola. Esto indica que hay una alta demanda de información entre los agricultores sobre cómo pueden mejorar sus prácticas agrícolas y cómo pueden utilizar las tecnologías disponibles para optimizar sus cultivos y reducir los costos de producción.

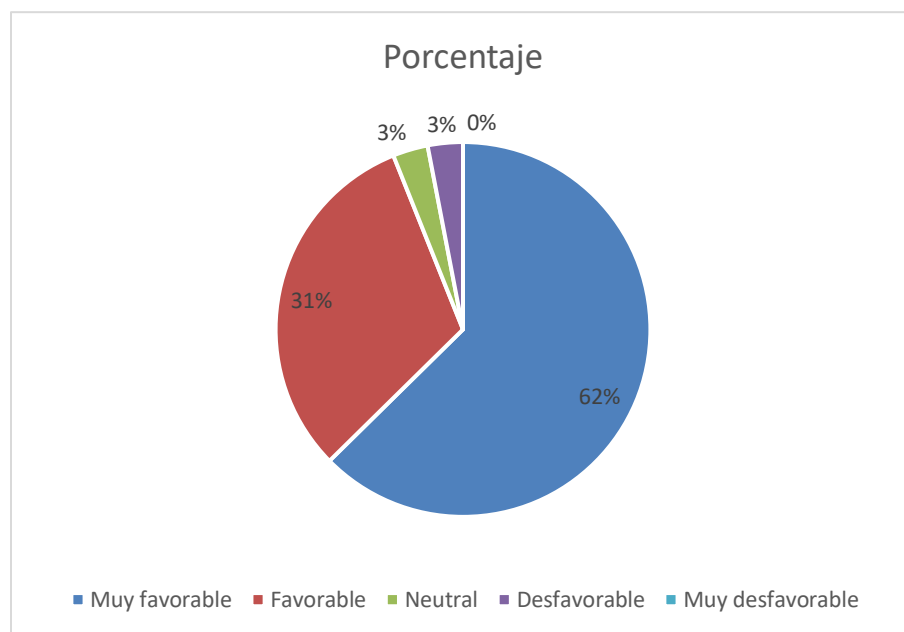
Por otro lado, el 14% de los encuestados no expresó interés en recibir esta información. Es posible que estos agricultores ya estén satisfechos con sus prácticas actuales y no vean la

necesidad de implementar nuevas tecnologías en su producción. Sin embargo, es importante destacar que la implementación de tecnologías en la agricultura no solo puede mejorar la eficiencia y precisión en la producción, sino que también puede tener beneficios para el medio ambiente al reducir el uso de insumos y mejorar la salud de los suelos y cultivos.

12. ¿Cuál es tu opinión general acerca de la implementación de tecnologías para mejorar la precisión en la producción agrícola?

**Figura 19**

*Opinión general de la aplicación de nuevas tecnologías*



*Nota.* En la figura se representan las respuestas obtenidas de la pregunta acerca de la percepción de la implementación de tecnologías (Autoría propia).

La respuesta de la encuesta indica que la opinión general sobre la implementación de tecnologías para mejorar la precisión de la producción agrícola es muy favorable para el 62% de los encuestados, mientras que un 31% la califica como favorable. Solo un pequeño porcentaje de

los encuestados, el 3%, tiene una opinión neutral o desfavorable sobre el uso de tecnologías de precisión en la producción agrícola. Esto sugiere que la mayoría de los agricultores están abiertos y son receptivos a la adopción de tecnologías que puedan mejorar la eficiencia y la productividad en sus operaciones.

Se pidió realizar un análisis respecto a su respuesta.

Los comentarios de los encuestados justifican la opinión favorable hacia la implementación de tecnologías para mejorar la precisión de la producción agrícola. Algunas de las razones mencionadas incluyen:

Facilita y mejora la calidad del producto final.

Es necesario encontrar alternativas para alimentar a una creciente población y hacer frente a los desafíos ambientales.

Puede generar beneficios económicos y ahorro de tiempo para los propietarios de las tierras, aunque también se reconoce que puede afectar la mano de obra agrícola y aumentar el desempleo en ese sector.

Los agricultores consideran importante conocer y adaptarse a la tecnología agrícola para cultivar sus tierras de manera más eficiente.

Se reconoce que las nuevas tecnologías pueden mejorar la productividad y precisión en la agricultura.

Se resalta la importancia de aumentar la producción y reducir costos, y si las tecnologías pueden ayudar en ese sentido, se ven como favorables.

Se valora el conocimiento y enriquecimiento que se obtiene al utilizar tecnologías en la agricultura.



Se considera indispensable utilizar tecnologías en el sector agrícola para lograr precisión y ahorro en la producción.

Se busca mayor eficiencia en la producción agrícola y se cree que las tecnologías pueden ayudar a lograrlo.

Estos comentarios reflejan una actitud positiva hacia el uso de tecnologías en la agricultura, destacando los beneficios que pueden aportar en términos de eficiencia, calidad y sostenibilidad en la producción agrícola.

### **Análisis General de los Resultados de la Encuesta**

Después de analizar las respuestas de la encuesta, se puede concluir que la implementación de tecnologías para mejorar la precisión en la producción agrícola es altamente favorable. El 93% de los encuestados indicó que los insumos y materiales son el factor más costoso en la producción agrícola, lo que sugiere que existe una necesidad clara de reducir los costos y aumentar la eficiencia.

Además, el 86% de los encuestados mostró interés en recibir información sobre cómo las tecnologías pueden mejorar la precisión en la producción agrícola, lo que demuestra una clara disposición a adoptar nuevas tecnologías. En términos generales, el 93% de los encuestados se mostró favorable o muy favorable a la implementación de tecnologías para mejorar la precisión en la producción agrícola.

Teniendo en cuenta estos resultados, se propone la implementación de tecnologías de agricultura de precisión para ayudar a mejorar la producción agrícola. La agricultura de precisión se refiere al uso de tecnologías avanzadas, como sensores, GPS, drones, análisis de datos y sistemas de información geográfica, para optimizar la producción agrícola y reducir costos.

Con la agricultura de precisión, los agricultores pueden tener un mejor control de la producción y mejorar la eficiencia al aplicar insumos y materiales de manera más precisa. Esto no solo reduciría los costos de producción, sino que también podría aumentar la calidad del producto final. Además, al optimizar la producción, se podría reducir el impacto ambiental negativo asociado con la producción agrícola.

La implementación de tecnologías de agricultura de precisión sería altamente beneficiosa para los agricultores y la industria agrícola en general. Al ayudar a mejorar la precisión de la producción, se puede reducir costos, aumentar la eficiencia y mejorar la calidad del producto final. Además, al utilizar tecnologías avanzadas, se puede reducir el impacto ambiental negativo asociado con la producción agrícola.

## Arquitectura Propuesta

### Interesados e Intereses

Unidades Productivas. Los agricultores son los principales interesados en este proyecto, ya que se beneficiarían directamente de la implementación de tecnologías de agricultura de precisión. Sus intereses se centran en reducir los costos de producción,

mejorar la eficiencia, optimizar la calidad del producto final y minimizar el impacto ambiental negativo asociado con la producción agrícola.

Industria Agrícola. La industria agrícola en su conjunto también está interesada en este proyecto, ya que busca mejorar la productividad y la rentabilidad. Sus intereses se alinean con los de los agricultores, buscando reducir costos, aumentar la eficiencia y mejorar la calidad de los productos agrícolas.

Investigadores y Académicos. Los investigadores y académicos involucrados en el proyecto tienen un interés en el avance del conocimiento en el campo de la agricultura de precisión. Buscan desarrollar una arquitectura de solución efectiva que pueda aplicarse en diferentes contextos agrícolas, generando resultados científicos y técnicos sólidos.

Proveedores de Tecnología. Los proveedores de tecnología, como empresas especializadas en sensores, drones o análisis de datos tienen un interés comercial en el proyecto. Desean promover y vender sus soluciones tecnológicas a los agricultores y la industria agrícola, por lo que están interesados en una arquitectura de solución que integre sus productos de manera efectiva.

Cooperativas Agrícolas. Las cooperativas agrícolas tienen un interés directo en el proyecto, ya que representan a un grupo de agricultores que se benefician colectivamente de la

implementación de la agricultura de precisión. Su interés radica en reducir los costos de producción a través de economías de escala, mejorar la eficiencia en la gestión de los recursos y maximizar los rendimientos de los cultivos. Además, buscan promover prácticas sostenibles y colaborar en la adopción de tecnologías avanzadas entre sus miembros.

Empresas de Insumos. Las empresas que suministran insumos agrícolas, como fertilizantes, pesticidas y semillas, tienen un interés en el proyecto debido a su papel en la cadena de suministro agrícola. Su objetivo es ofrecer productos y servicios que se adapten a las necesidades de los agricultores y la industria agrícola en general. Están interesados en la implementación de la agricultura de precisión, ya que les permite mejorar la eficiencia en la aplicación de sus productos, optimizar su rendimiento y ofrecer soluciones más personalizadas.

## Motivadores de Negocio

**Tabla 1**

*Motivador del negocio 1*

<b>Ficha del motivador del negocio 1</b>		
<b>Identificador del motivador</b>	M1	
<b>Nombre del motivador</b>	Reducción de costos	
<b>Tipo de motivador</b>	Operacional	
<b>Descripción</b>	La agricultura de precisión optimiza el uso de recursos y procesos agrícolas, lo que se traduce en una mayor eficiencia en la producción.	
<b>Medida del impacto</b>	Aumento de la productividad	
<b>Rango</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Ninguno</b>		
<b>Bajo</b>		
<b>Medio</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
<b>Alto</b>		

*Nota.* La tabla describe motivador número uno planteados a partir de levantamiento de requerimientos (Autoría propia)

**Tabla 2***Motivador del negocio 2*

<b>Ficha del motivador del negocio 2</b>		
<b>Identificador del motivador</b>	M2	
<b>Nombre del motivador</b>	Mejora de la eficiencia	
<b>Tipo de motivador</b>	Operacional	
<b>Descripción</b>	La agricultura de precisión optimiza el uso de recursos y procesos agrícolas, lo que se traduce en una mayor eficiencia en la producción.	
<b>Medida del impacto</b>	Aumento de la productividad	
<b>Rango</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Ninguno</b>		
<b>Bajo</b>		
<b>Medio</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
<b>Alto</b>		

*Nota.* Tabla que describe motivadores número dos planteados a partir de levantamiento de requerimientos (Autoría propia).

**Tabla 3***Motivador del negocio 3*

<b>Ficha del motivador del negocio 3</b>		
<b>Identificador del motivador</b>	M3	
<b>Nombre del motivador</b>	Mejora de la calidad del producto	
<b>Tipo de motivador</b>	Calidad	
<b>Descripción</b>	Al aplicar insumos y materiales de manera más precisa, la agricultura de precisión puede mejorar la calidad del producto final.	
<b>Medida del impacto</b>	Mejora la calidad del producto	
<b>Rango</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Ninguno</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
<b>Bajo</b>		
<b>Medio</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
<b>Alto</b>		

*Nota.* La tabla describe motivador número tres planteados a partir de levantamiento de requerimientos (Autoría propia).

**Tabla 4***Motivador del negocio 4*

<b>Ficha del motivador del negocio 4</b>		
<b>Identificador del motivador</b>	M4	
<b>Nombre del motivador</b>	Sostenibilidad ambiental	
<b>Tipo de motivador</b>	Ambiental	
<b>Descripción</b>	Al reducir el uso indiscriminado de insumos y optimizar la producción, la agricultura de precisión contribuye a la sostenibilidad ambiental y la reducción del impacto negativo en el medio ambiente.	
<b>Medida del impacto</b>	Reducción del impacto Ambiental	
<b>Rango</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Ninguno</b>		
<b>Bajo</b>		
<b>Medio</b>		
<b>Alto</b>	<b>3</b>	<b>5</b>

*Nota.* La tabla describe motivador número cuatro planteados a partir de levantamiento de requerimientos (Autoría propia)



**Tabla 5***Motivador del negocio 5*

<b>Ficha del motivador del negocio 5</b>		
<b>Identificador del motivador</b>	M5	
<b>Nombre del motivador</b>	Acceso a información y conocimientos	
<b>Tipo de motivador</b>	Tecnológico	
<b>Descripción</b>	La implementación de tecnologías avanzadas en la agricultura de precisión proporciona acceso a información y conocimientos valiosos para la toma de decisiones más informadas.	
<b>Medida del impacto</b>	Acceso a información y conocimientos	
<b>Rango</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Ninguno</b>		
<b>Bajo</b>		
<b>Medio</b>		
<b>Alto</b>	<b>3</b>	<b>5</b>

*Nota.* La tabla describe motivador número cinco planteados a partir de levantamiento de requerimientos (Autoría propia).

**Tabla 6***Motivador del negocio 6*

<b>Ficha del motivador del negocio 6</b>		
<b>Identificador del motivador</b>	M6	
<b>Nombre del motivador</b>	Optimización de recursos	
<b>Tipo de motivador</b>	Operacional	
<b>Descripción</b>	La agricultura de precisión permite optimizar el uso de recursos como agua, fertilizantes y pesticidas, minimizando el desperdicio y maximizando la eficiencia.	
<b>Medida del impacto</b>	Ahorro de recursos	
<b>Rango</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Ninguno</b>		
<b>Bajo</b>		
<b>Medio</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
<b>Alto</b>		

*Nota.* La tabla describe motivador número seis planteados a partir de levantamiento de requerimientos (Autoría propia)

**Tabla 7***Motivador del negocio 7*

<b>Ficha del motivador del negocio 7</b>		
<b>Identificador del motivador</b>	M7	
<b>Nombre del motivador</b>	Reducción de riesgos	
<b>Tipo de motivador</b>	Estratégico	
<b>Descripción</b>	Al tener un mejor control de la producción y utilizar tecnologías avanzadas, la agricultura de precisión ayuda a reducir los riesgos asociados a factores externos como el clima, plagas y enfermedades.	
<b>Medida del impacto</b>	Mitigación de riesgos	
<b>Rango</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Ninguno</b>		
<b>Bajo</b>		
<b>Medio</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
<b>Alto</b>		

*Nota.* La tabla describe motivador número siete planteados a partir de levantamiento de requerimientos (Autoría propia).

**Tabla 8***Motivador del negocio 8*

<b>Ficha del motivador del negocio 8</b>		
<b>Identificador del motivador</b>	M8	
<b>Nombre del motivador</b>	Innovación tecnológica	
<b>Tipo de motivador</b>	Tecnológico	
<b>Descripción</b>	La implementación de tecnologías de agricultura de precisión implica la adopción de nuevas herramientas y soluciones tecnológicas, lo que fomenta la innovación en el sector agrícola.	
<b>Medida del impacto</b>	Impulso de la innovación	
<b>Rango</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Ninguno</b>		
<b>Bajo</b>		
<b>Medio</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
<b>Alto</b>		

*Nota.* La tabla describe motivadores número ocho planteados a partir de levantamiento de requerimientos (Autoría propia).

**Tabla 9***Motivador del negocio 9*

<b>Ficha del motivador del negocio 9</b>		
<b>Identificador del motivador</b>	M9	
<b>Nombre del motivador</b>	Mejora de la planificación y toma de decisiones	
<b>Tipo de motivador</b>	Estratégico	
<b>Descripción</b>	La agricultura de precisión proporciona información valiosa y análisis de datos que permiten una mejor planificación y toma de decisiones estratégicas en las operaciones agrícolas.	
<b>Medida del impacto</b>	Optimización de decisions	
<b>Rango</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Ninguno</b>		
<b>Bajo</b>		
<b>Medio</b>		
<b>Alto</b>	<b>3</b>	<b>5</b>

*Nota.* La tabla describe motivadores número nueve planteados a partir de levantamiento de requerimientos (Autoría propia).

**Tabla 10***Motivador del negocio 10*

<b>Ficha del motivador del negocio 10</b>		
<b>Identificador del motivador</b>	M10	
<b>Nombre del motivador</b>	Incremento en la producción	
<b>Tipo de motivador</b>	Económico	
<b>Descripción</b>	La agricultura de precisión puede aumentar la producción agrícola al optimizar los procesos y maximizar el rendimiento de los cultivos.	
<b>Medida del impacto</b>	Aumento de la producción	
<b>Rango</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Ninguno</b>		
<b>Bajo</b>		
<b>Medio</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
<b>Alto</b>		

*Nota.* La tabla describe motivadores número diez planteados a partir de levantamiento de requerimientos (Autoría propia).

**Tabla 11***Motivador de negocio 11*

<b>Ficha del motivador del negocio 11</b>		
<b>Identificador del motivador</b>	M11	
<b>Nombre del motivador</b>	Mejora en la trazabilidad y seguridad alimentaria	
<b>Tipo de motivador</b>	Calidad	
<b>Descripción</b>	La implementación de tecnologías de seguimiento y registro de datos en la agricultura de precisión permite garantizar la trazabilidad y seguridad de los alimentos desde el campo hasta el consumidor final.	
<b>Medida del impacto</b>	Garantía de trazabilidad y seguridad alimentaria	
<b>Rango</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Ninguno</b>		
<b>Bajo</b>		
<b>Medio</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
<b>Alto</b>		

*Nota.* La tabla describe motivadores número once planteados a partir de levantamiento de requerimientos (Autoría propia).

**Tabla 12***Motivador del negocio 12*

<b>Ficha del motivador del negocio 12</b>		
<b>Identificador del motivador</b>	M12	
<b>Nombre del motivador</b>	Mejora en la planificación y gestión de cultivos	
<b>Tipo de motivador</b>	Estratégico	
<b>Descripción</b>	La agricultura de precisión proporciona información detallada y análisis en tiempo real, lo que facilita la planificación y gestión estratégica de los cultivos, optimizando los resultados.	
<b>Medida del impacto</b>	Optimización de la planificación y gestión	
<b>Rango</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Ninguno</b>		
<b>Bajo</b>		
<b>Medio</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
<b>Alto</b>		

*Nota.* La tabla describe motivadores número doce planteados a partir de levantamiento de requerimientos (Autoría propia).



## **Alternativas de Solución**

La propuesta de arquitectura de solución presentada ha sido desarrollada mediante una síntesis entre las necesidades identificadas en el sector agrícola a partir de las encuestas realizadas y los fundamentos encontrados en la revisión sistemática de la literatura.

En primer lugar, la encuesta ha proporcionado una visión clara de las necesidades de los agricultores y de la industria agrícola en general. Se ha identificado la preocupación por los altos costos de producción y la necesidad de mejorar la eficiencia en la producción agrícola. Además, se ha demostrado un claro interés en adoptar nuevas tecnologías que permitan mejorar la precisión en la producción y reducir el impacto ambiental negativo.

Por otro lado, la revisión sistemática de la literatura ha revelado los avances tecnológicos en el campo de la agricultura de precisión, especialmente en el Internet de las Cosas (IoT). Se ha encontrado evidencia de aplicaciones como la agricultura autónoma, la recolección de datos de alta resolución y precisión, también el análisis de datos en tiempo real para la toma de decisiones basadas en Big Data y técnicas de minería de datos. Además, se ha destacado la importancia de la gestión y el procesamiento de grandes cantidades de datos, así como la necesidad de interoperabilidad y la adopción de tecnologías por parte de los agricultores.

Tomando en cuenta estas necesidades y fundamentos, la propuesta de arquitectura de solución se basa en la integración de tecnologías como IoT, Cloud Computing, Machine Learning y Protocolos de Comunicación estandarizados. Estas tecnologías permiten la recopilación de datos en tiempo real, el análisis y procesamiento de datos a gran escala, y la toma de decisiones basadas en información precisa y actualizada. Además, se establecen capas de

censado, almacenamiento, análisis, visualización, integración y colaboración para asegurar un flujo eficiente de información y promover la colaboración entre los diferentes actores del sector.

La propuesta también se sustenta en los principios de eficiencia, sostenibilidad y calidad del producto final. Al optimizar el uso de recursos, reducir costos, minimizar el impacto ambiental negativo y mejorar la precisión en la producción, se busca alcanzar una agricultura más eficiente y sostenible. Asimismo, se busca mejorar la calidad de los productos agrícolas mediante el control preciso de la producción y el uso de tecnologías avanzadas.

### ***Propuesta 1***

Basándonos en los intereses y necesidades identificados, se propone una arquitectura de solución integral para la implementación de la agricultura de precisión utilizando conceptos de IoT (Internet de las cosas), Machine Learning y diversas capas tecnológicas. A continuación, se detallan los componentes clave de la arquitectura:

**Capa de censado.** En esta capa, se utilizan sensores distribuidos en el campo para recopilar datos en tiempo real sobre variables agronómicas, como humedad del suelo, temperatura, niveles de nutrientes y condiciones climáticas. Estos sensores se comunican a través de una red IoT para transmitir los datos a la capa de almacenamiento.

**Capa de almacenamiento.** Los datos recopilados de los sensores se almacenan en una infraestructura de almacenamiento escalable y de alta capacidad. Se pueden utilizar tecnologías de almacenamiento en la nube para garantizar la disponibilidad, la seguridad y la escalabilidad de los datos. Además, se pueden aplicar técnicas de procesamiento en tiempo real, para analizar y filtrar los datos antes de su almacenamiento.

Capa de procesamiento y análisis. En esta capa, se emplean algoritmos de Machine Learning y técnicas de análisis de datos para procesar los datos recopilados y extraer información relevante. Se pueden aplicar técnicas de aprendizaje automático para realizar predicciones sobre rendimientos de cultivos, requerimientos de riego, recomendaciones de fertilizantes y detección temprana de enfermedades o plagas. Estos análisis permiten tomar decisiones informadas para mejorar la eficiencia y la productividad agrícola.

Capa de visualización y control. Se desarrolla un sitio web o una plataforma de visualización que presenta los datos procesados y las recomendaciones generadas. Los agricultores, cooperativas y otros actores interesados pueden acceder a esta plataforma para monitorear y controlar sus operaciones agrícolas. La interfaz de usuario proporciona visualizaciones claras y comprensibles de los datos, como gráficos, mapas y tablas, permite interactuar con los sistemas de control automatizados.

Capa de integración. La arquitectura permite la integración con otros sistemas y servicios existentes, como sistemas de riego automatizados, maquinaria agrícola y sistemas de gestión de la cadena de suministro. Esto facilita la interoperabilidad y el intercambio de datos entre diferentes componentes y actores del ecosistema agrícola.

### ***Propuesta 2***

En esta propuesta de arquitectura de solución para agricultura de precisión, se incorpora la tecnología de Cloud Computing y el Internet de las cosas (IoT) para brindar una plataforma escalable y eficiente. A continuación, se describen los principales componentes:

Capa de sensado y recopilación de datos. Se utilizan sensores distribuidos en el campo para medir variables agronómicas, como humedad del suelo, temperatura, luminosidad y calidad

del aire. Estos sensores se conectan a una red IoT que recopila y transmite los datos a la nube para su posterior procesamiento.

Capa de IoT y comunicación. En esta capa, los datos recopilados de los sensores se envían a través de una infraestructura de IoT a la nube. Se utilizan protocolos de comunicación eficientes y seguros para transmitir los datos en tiempo real y garantizar su integridad.

Capa de almacenamiento en la nube. Los datos agrícolas recopilados se almacenan en una infraestructura de Cloud Computing escalable y segura. La nube proporciona capacidad de almacenamiento flexible y permite acceder a los datos desde cualquier ubicación y dispositivo.

Capa de procesamiento y análisis. En la nube, se utiliza el poder del procesamiento en la nube para realizar análisis avanzados de los datos agrícolas. Se aplican algoritmos de Machine Learning y técnicas de análisis de datos para extraer información valiosa, como patrones de crecimiento de cultivos, detección de enfermedades y recomendaciones de gestión agrícola.

Capa de visualización y control. Se desarrolla una interfaz de usuario basada en web o aplicaciones móviles que permite a los agricultores visualizar los datos y recibir notificaciones en tiempo real. La interfaz proporciona gráficos, mapas interactivos y paneles de control intuitivos para monitorear y controlar las operaciones agrícolas desde cualquier lugar.

Capa de integración y colaboración. La arquitectura permite la integración con otros sistemas y servicios relevantes, como sistemas de riego automatizados, proveedores de insumos agrícolas y servicios meteorológicos. También fomenta la colaboración entre agricultores, cooperativas y expertos agrícolas, permitiéndoles compartir información y conocimientos para una toma de decisiones más informada.

### ***Propuesta 3***

La propuesta de arquitectura de solución se enfoca en la implementación de una infraestructura basada en IoT (Internet de las cosas) y Agricultura Inteligente para mejorar la eficiencia, la productividad y la sostenibilidad en el sector agrícola. A través de la recopilación de datos en tiempo real utilizando sensores IoT distribuidos en el campo, se obtiene información sobre variables agrícolas clave, como la humedad del suelo, la temperatura, la calidad del aire y el estado de los cultivos.

Capa de censado y recopilación de datos. Se utilizan sensores IoT distribuidos en el campo para recopilar datos en tiempo real sobre variables agrícolas, como humedad del suelo, temperatura, calidad del aire y estado de los cultivos. Estos datos se capturan y se transmiten a través de una red de comunicación IoT para su posterior análisis.

Capa de conectividad y comunicación. En esta capa, se establece una infraestructura de conectividad robusta y confiable que permite la comunicación eficiente entre los sensores y los sistemas de procesamiento de datos. Se utilizan tecnologías como redes inalámbricas de largo alcance (LPWAN), redes 5G y tecnologías de comunicación satelital para garantizar una cobertura amplia y una transmisión de datos estable.

Capa de procesamiento y análisis de datos. En la nube o en servidores locales, se implementa una plataforma de procesamiento y análisis de datos que utiliza técnicas de big data, aprendizaje automático (Machine Learning) y análisis en tiempo real. Estas técnicas permiten realizar análisis avanzados de los datos recopilados, como detección temprana de enfermedades en los cultivos, optimización de riego y fertilización, pronóstico de rendimiento de cultivos.

Capa de toma de decisiones y gestión agrícola. En esta capa, se desarrollan sistemas de apoyo a la toma de decisiones basados en los análisis realizados en la capa anterior. Estos

sistemas proporcionan recomendaciones y acciones específicas para optimizar la gestión agrícola, como la programación de riego, la aplicación precisa de fertilizantes y la planificación de la cosecha. Además, se integran herramientas de gestión de fincas y cultivos para facilitar la planificación y el monitoreo de las operaciones agrícolas.

Capa de interacción y visualización. Se desarrolla una interfaz de usuario intuitiva que permite a los agricultores y otros actores del sector interactuar con los datos y recibir información relevante. Esta interfaz puede estar disponible en forma de aplicaciones móviles, paneles de control en línea o sistemas de notificación en tiempo real. Los usuarios pueden acceder a informes, gráficos y mapas interactivos que les brindan una visión clara del estado de los cultivos y les ayudan a tomar decisiones informadas.

Capa de integración y colaboración. La arquitectura permite la integración con sistemas externos y servicios relevantes, como proveedores de insumos agrícolas, servicios meteorológicos y mercados agrícolas. Además, se promueve la colaboración entre agricultores, cooperativas agrícolas y otras entidades del sector. Se establecen mecanismos de intercambio de datos y conocimientos, facilitando la colaboración en proyectos conjuntos, la compartición de buenas prácticas y la creación de redes de colaboración. Esta capa también permite la conexión con plataformas de agricultura de precisión a nivel regional o nacional, fomentando el intercambio de información y la estandarización de procesos.

Capa de seguridad y privacidad. Se implementan medidas de seguridad robustas para proteger los datos sensibles generados y transmitidos en la arquitectura. Se emplean técnicas de encriptación, autenticación y control de acceso para garantizar la confidencialidad, integridad y

disponibilidad de los datos. También se cumplen con las regulaciones y normativas de privacidad de datos para garantizar el cumplimiento legal y la confianza de los usuarios.

Esta arquitectura de solución basada en IoT y Agricultura Inteligente tiene como objetivo principal mejorar la eficiencia, la productividad y la sostenibilidad en el sector agrícola. Al aprovechar la tecnología para recopilar, analizar y utilizar datos en tiempo real, los agricultores pueden tomar decisiones más informadas y precisas, optimizando el uso de recursos, reduciendo costos y mejorando la calidad de los productos agrícolas. Además, la integración y colaboración entre diferentes actores del sector promueve la innovación, el intercambio de conocimientos y la generación de modelos de negocio sostenibles.

Esta propuesta de arquitectura puede adaptarse a las necesidades específicas de cada entorno agrícola, permitiendo la implementación gradual de las diferentes capas y componentes según los recursos y requisitos disponibles.

## **Selección y Síntesis de Propuesta de Solución**

### ***Criterio de Selección***

Costo de implementación. Se evaluará el costo asociado con la adquisición e implementación de las tecnologías requeridas, incluyendo sensores IoT, infraestructura de comunicación, plataformas de almacenamiento en la nube, servicios de procesamiento, análisis de datos, desarrollo de aplicaciones y herramientas de visualización. Se buscará una solución que sea económicamente viable y que pueda ajustarse al presupuesto disponible.

Integración de tecnologías. Se considerará la capacidad de integrar de manera efectiva las tecnologías de IoT, Cloud Computing y Machine Learning. La solución debe permitir la interoperabilidad entre las diferentes capas y garantizar una comunicación fluida y segura entre

los componentes del sistema. Se valorará la disponibilidad de herramientas y estándares que faciliten la integración.

Fundamentos de la revisión sistemática. Se tendrán en cuenta los fundamentos encontrados en la revisión sistemática, como la aplicación de la industria 4.0, agricultura de precisión, arquitecturas de TI y modelos de negocios aplicados al sector agroindustrial. La propuesta debe estar alineada con los avances tecnológicos identificados en la revisión y aprovechar las oportunidades que ofrece la transformación digital en la agricultura.

Análisis de la encuesta. Se considerarán los resultados de la encuesta realizada, en particular los intereses y necesidades identificados por los agricultores y la industria agrícola. La propuesta debe abordar eficazmente las preocupaciones relacionadas con la reducción de costos, la mejora de la eficiencia, la optimización de la calidad del producto y la minimización del impacto ambiental negativo. Se buscará una solución que se ajuste a los requisitos y expectativas de los principales interesados.

Capa de censado. Implementación de sensores IoT para recopilar datos en tiempo real sobre condiciones ambientales, humedad del suelo, temperatura, niveles de nutrientes, etc.

Utilización de dispositivos y equipos de monitoreo para capturar información detallada sobre los cultivos y su entorno.

Capa de comunicación. Integración de protocolos de comunicación estándar para transmitir datos recopilados desde los sensores a la siguiente capa.

Uso de tecnologías de conectividad, como redes inalámbricas, para garantizar la transferencia de datos confiable y segura.



Capa de almacenamiento. Utilización de plataformas de almacenamiento en la nube para almacenar grandes volúmenes de datos generados por los sensores.

Implementación de sistemas de gestión de datos para organizar y estructurar la información recopilada.

Capa de procesamiento y análisis. Aplicación de técnicas de Machine Learning y algoritmos de análisis de datos para procesar y extraer información relevante de los datos almacenados.

Realización de análisis predictivos y descriptivos para detectar patrones, tendencias, anomalías en los cultivos y en la producción agrícola.

Capa de toma de decisiones. Generación de informes y visualizaciones interactivas que resuman la información procesada de manera comprensible para los agricultores y tomadores de decisiones.

Apoyo a la toma de decisiones basada en datos para optimizar el riego, la fertilización, el control de plagas y otras prácticas agrícolas.

Capa de colaboración e integración. Desarrollo de una plataforma web o aplicación móvil que permita a los agricultores acceder a la información en tiempo real, compartir conocimientos y colaborar con otros actores del sector agrícola.

Integración con sistemas y servicios externos, como pronósticos meteorológicos, bases de datos de precios de productos agrícolas, proveedores de insumos, entre otros.

La propuesta de arquitectura de solución unificada se basa en la integración de tecnologías como IoT, Cloud Computing, Machine Learning y Protocolos de Comunicación estandarizados para mejorar la eficiencia y la precisión en la producción agrícola. Esta solución

se valida en un sector agrícola real, considerando el costo de implementación y los beneficios para la producción.

La implementación de esta arquitectura requerirá una inversión inicial en infraestructura tecnológica, como sensores, dispositivos IoT y sistemas de almacenamiento en la nube. Además, se deben considerar los costos de capacitación para los agricultores y personal involucrado en la gestión de los datos y la toma de decisiones basada en la información recopilada.

Sin embargo, los beneficios de esta solución son significativos. Mediante la recopilación de datos en tiempo real y la aplicación de algoritmos de Machine Learning, se logra una mayor precisión en la producción agrícola, lo que reduce el desperdicio de recursos, minimiza los costos de insumos y materiales. La optimización en el uso de agua, fertilizantes y pesticidas se traduce en ahorros significativos y una mayor eficiencia en la producción.

Además, esta arquitectura permite monitorear y controlar de manera remota las condiciones ambientales y el estado de los cultivos, lo que facilita la detección temprana de problemas y la toma de decisiones proactivas. Los agricultores pueden ajustar de manera precisa los parámetros de riego, fertilización y protección de cultivos, lo que resulta en una mejora en la calidad de los productos agrícolas.

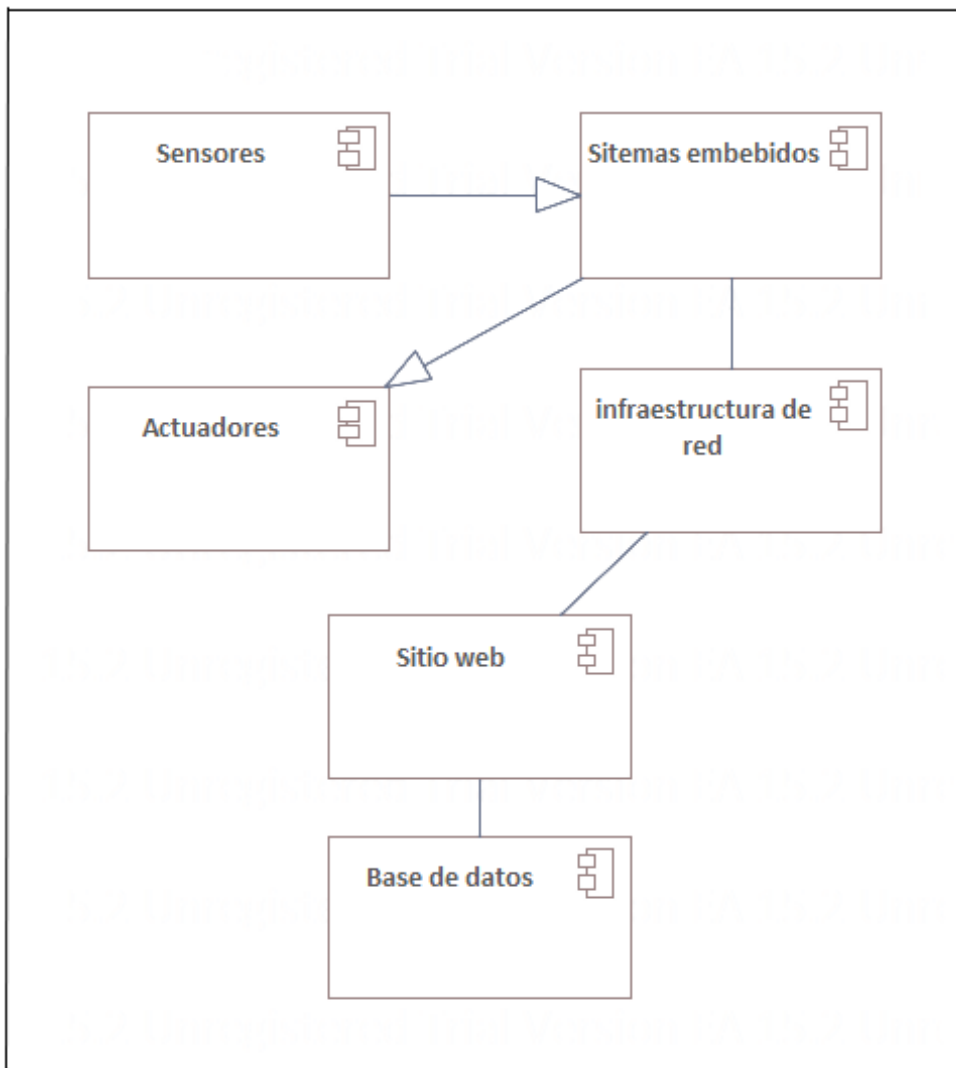
En términos de beneficios medioambientales, la implementación de esta arquitectura de solución contribuye a la sostenibilidad agrícola al reducir el uso excesivo de recursos naturales y minimizar el impacto ambiental negativo asociado con la producción agrícola convencional.

## Arquitectura de Solución Tecnológica

### Vista de Componentes

**Figura 20**

*Vista de componentes*



*Nota.* En la imagen se describen los componentes de la arquitectura forma general (Autoría propia).

**Sensores.** Los sensores son dispositivos IoT distribuidos en el campo agrícola para recopilar datos en tiempo real sobre variables agrícolas clave, como humedad del suelo, temperatura, calidad del aire, entre otros. Estos sensores capturan la información del entorno agrícola y la transmiten a través de la infraestructura de red para su posterior procesamiento y análisis.

**Sistemas embebidos.** Los sistemas embebidos son dispositivos integrados en los sensores o en otros componentes del sistema. Estos sistemas tienen la capacidad de adquirir, procesar y almacenar datos localmente antes de transmitirlos a través de la infraestructura de red. Los sistemas embebidos permiten la ejecución de algoritmos y lógica específica para realizar tareas como el filtrado de datos o la detección de eventos.

**Actuadores.** Los actuadores son componentes que permiten la interacción con el entorno agrícola. Pueden ser utilizados para controlar variables como el riego, la aplicación de fertilizantes o el control de temperatura. Los actuadores reciben comandos o instrucciones desde la capa de toma de decisiones y gestión agrícola para llevar a cabo acciones específicas en el campo.

**Infraestructura de red.** La infraestructura de red es el conjunto de dispositivos y tecnologías que permiten la comunicación entre los diferentes componentes del sistema. Puede incluir redes inalámbricas, como redes de área amplia de baja potencia (LPWAN), redes 5G u otras tecnologías de comunicación satelital. La infraestructura de red facilita la transmisión de datos desde los sensores y sistemas embebidos hasta la capa de procesamiento y análisis de datos.

Sitio web. El sitio web es la interfaz de usuario que permite a los agricultores y otros actores del sector interactuar con los datos y recibir información relevante. A través del sitio web, los usuarios pueden acceder a informes, gráficos, mapas interactivos y otras visualizaciones de los datos recopilados y procesados. También pueden realizar acciones como configurar parámetros de riego o ver recomendaciones específicas para la gestión agrícola.

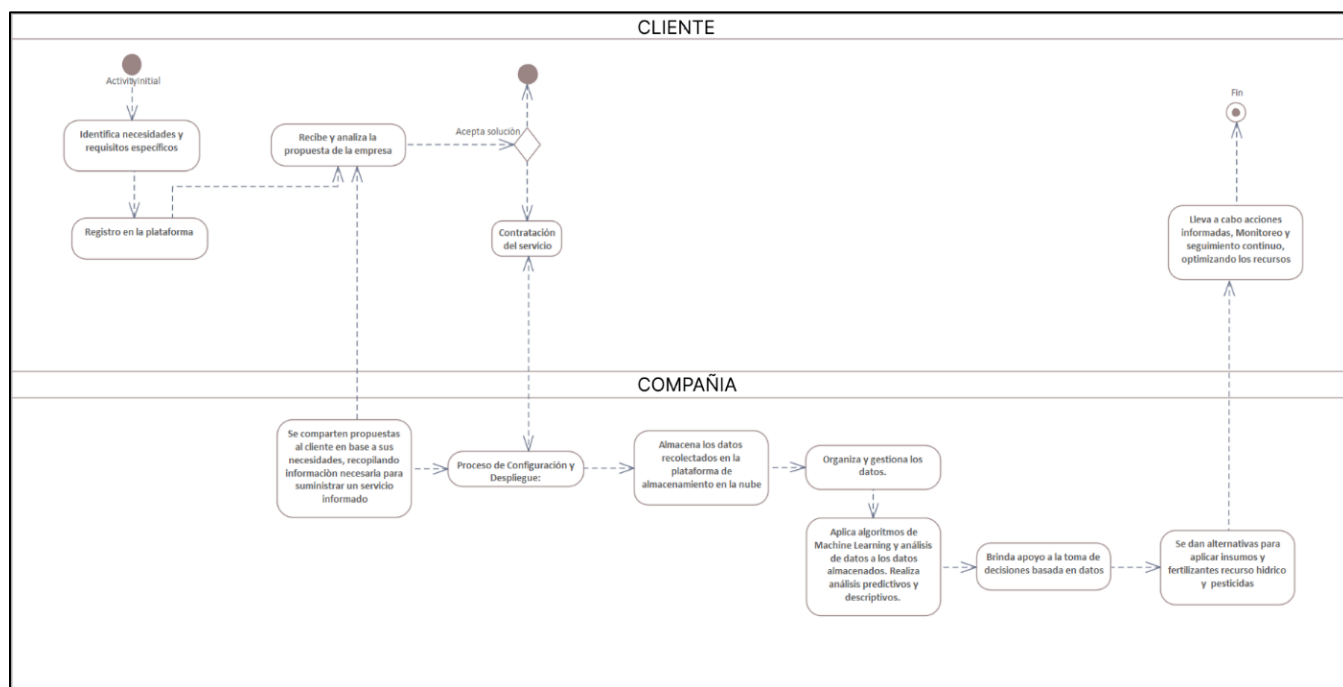
Base de datos. La base de datos es donde se almacenan los datos recopilados por los sensores y otros componentes del sistema. Puede ser una base de datos en la nube o en servidores locales, y se utiliza para organizar, estructurar y mantener los datos. La base de datos permite el acceso y consulta de los datos por parte de la capa de procesamiento y análisis, así como la generación de informes y visualizaciones para la capa de toma de decisiones y gestión de la producción.

Estos componentes se relacionan de la siguiente manera: los sensores capturan los datos agrícolas y los transmiten a través de la infraestructura de red, ya sea directamente o a través de sistemas embebidos. Los datos son recibidos por la capa de procesamiento y análisis, donde se almacenan en la base de datos para su posterior análisis. Los resultados del análisis se envían a la capa de toma de decisiones y gestión, donde se generan informes, recomendaciones y acciones específicas que se presentan a los usuarios a través del sitio web. A su vez, los usuarios pueden interactuar con el sitio web para configurar parámetros de control que se envían a los actuadores a través de la infraestructura de red, permitiendo la interacción con el entorno agrícola.

## Vista de Procesos

**Figura 21**

*Vista de procesos*



*Nota.* La figura presenta la vista de procesos que comprende los pasos para el desenvolvimiento de las acciones como empresa que presta los servicios (Autoría propia).

Proceso de adquisición de servicios. Este proceso es fundamental para comprender las necesidades y requisitos específicos del cliente. Al desarrollar un diagrama de procesos, se puede visualizar claramente cómo se recopila esta información y cómo se establece una comunicación efectiva entre el cliente y la compañía. El diagrama de procesos también ayudará a garantizar que todos los requisitos del cliente se capturen de manera precisa y se tengan en cuenta en las etapas posteriores del desarrollo de la arquitectura de solución.

Proceso de configuración y despliegue. El diagrama de procesos permite representar la secuencia de pasos necesarios para configurar y desplegar los sensores IoT. Esto incluye la recopilación de información del cliente, el análisis de dicha información y la implementación física de los sensores. El diagrama de procesos ayuda a identificar las dependencias y las actividades paralelas, lo que facilita una ejecución eficiente y coordinada de este proceso.

Proceso de almacenamiento y gestión de datos. En este proceso, el diagrama de procesos permite mostrar cómo se almacenan los datos recolectados y cómo se organiza y gestiona la información en la plataforma de almacenamiento en la nube. El diagrama de procesos también puede destacar las medidas de seguridad implementadas para proteger los datos y garantizar su integridad. Además, ayudará a comprender cómo se accede a los datos almacenados y cómo se gestionan las actualizaciones y las copias de seguridad.

Proceso de procesamiento y análisis. El diagrama de procesos es útil para representar cómo la compañía aplica algoritmos de Machine Learning y análisis de datos a los datos almacenados. Ayuda a visualizar las etapas de preprocesamiento, selección de características, entrenamiento de modelos y generación de resultados. El diagrama también puede resaltar los flujos de datos entre las diferentes etapas y cómo se obtienen los resultados finales para su posterior análisis.

Proceso de toma de decisiones. Este proceso implica generar informes y visualizaciones basados en los resultados del análisis realizado. El diagrama de procesos puede representar cómo se generan estos informes, cómo se presentan los resultados y cómo se facilita la toma de decisiones basada en los datos. Además, el diagrama puede ilustrar la retroalimentación del

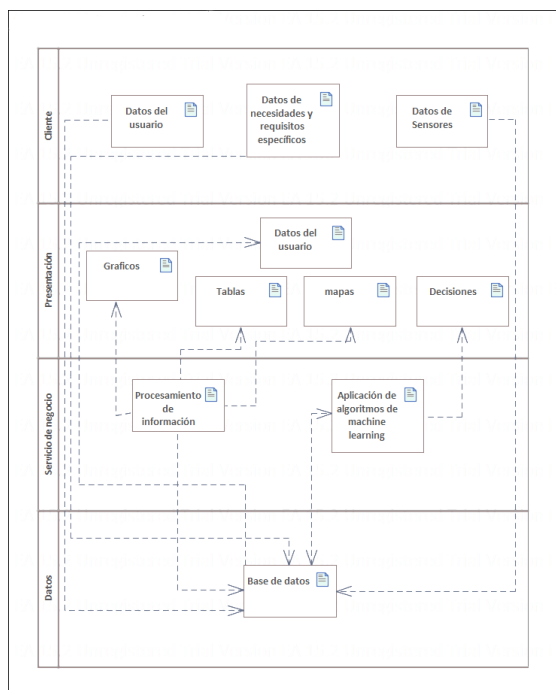
proceso de toma de decisiones, lo que permite realizar y mejorar continuamente las decisiones tomadas.

Proceso de colaboración e integración. El diagrama de procesos es valioso para mostrar cómo la compañía desarrolla la plataforma web o la aplicación móvil y cómo se integran los servicios externos. Además, puede resaltar cómo se facilita la colaboración entre los agricultores y otros actores del sector a través de la plataforma. El diagrama ayudará a comprender la interacción entre los diferentes componentes y cómo se establecen las interfaces para una integración fluida y una colaboración efectiva.

## Vista de Datos

### Figura 22

#### *Vista de datos*



*Nota.* La imagen describe la vista de datos, donde se muestra la forma en la que interactúan los datos (Autoría propia).



Capa de cliente. En la capa de Cliente, se encuentran los datos de necesidades y requisitos específicos proporcionados por el cliente. Estos datos son recopilados directamente desde el cliente y se utilizan para establecer los objetivos del proyecto y comprender las necesidades del cliente.

Capa de presentación. En la capa de Presentación, se pueden utilizar diferentes tipos de datos para proporcionar una interfaz gráfica amigable y accesible al cliente. Esto incluye datos relacionados con la visualización de informes, gráficos, tablas, mapas u otros elementos visuales que muestren los resultados del análisis de datos y ayuden en la toma de decisiones.

Capa de servicio de negocio. En la capa de Servicio de Negocio, se manipulan y procesan los datos para llevar a cabo el análisis y generar resultados significativos. Esta capa se encarga de aplicar algoritmos de Machine Learning y análisis de datos a los datos almacenados en la capa de datos. Aquí es donde se realizan operaciones como el preprocesamiento de datos, la selección de características relevantes, el entrenamiento de modelos y el análisis predictivo o descriptivo.

Capa de datos. La capa de Datos es donde se almacenan y gestionan todos los datos recolectados durante el proceso. Aquí se encuentran los datos recolectados por los sensores IoT en el campo agrícola, así como cualquier otra información relevante para el análisis. Estos datos se almacenan en una plataforma de almacenamiento en la nube, donde son organizados y gestionados para su posterior procesamiento y análisis.

### **Vista de Redes**

El diagrama de red propuesto para la arquitectura de la solución consta de varios componentes interconectados que aseguran la conectividad y la seguridad.



**Escalabilidad.** La arquitectura en la nube nos permite escalar vertical y horizontalmente los recursos de manera rápida y eficiente. Puedes aumentar o disminuir la capacidad de procesamiento, almacenamiento y ancho de banda según las necesidades, lo que nos brinda flexibilidad y agilidad para adaptarte a cambios en la demanda.

**Disponibilidad y tolerancia a fallos.** Los proveedores de servicios en la nube, como AWS, ofrecen infraestructura redundante y mecanismos automáticos de conmutación por error. Esto garantiza una alta disponibilidad de las aplicaciones y servicios, reduciendo el riesgo de interrupciones y minimizando el impacto de posibles fallos.

**Costos optimizados.** La nube nos permite pagar solo por los recursos que realmente se deben emplear, lo que se conoce como modelo de pago por uso. Esto evita la necesidad de invertir en infraestructura costosa por adelantado y nos permite ajustar los costos operativos en función de la demanda real. Además, se puede aprovechar las opciones de precios flexibles y descuentos ofrecidos por los proveedores de servicios en la nube.

**Agilidad y velocidad de implementación.** Con la arquitectura en la nube, se puede implementar y poner en marcha nuevos servicios, aplicaciones de manera rápida y eficiente. Los servicios en la nube están listos para usar y no requieren configuraciones complejas de infraestructura. Esto nos permite acelerar el tiempo de lanzamiento al mercado y responder rápidamente a las demandas cambiantes de los clientes.

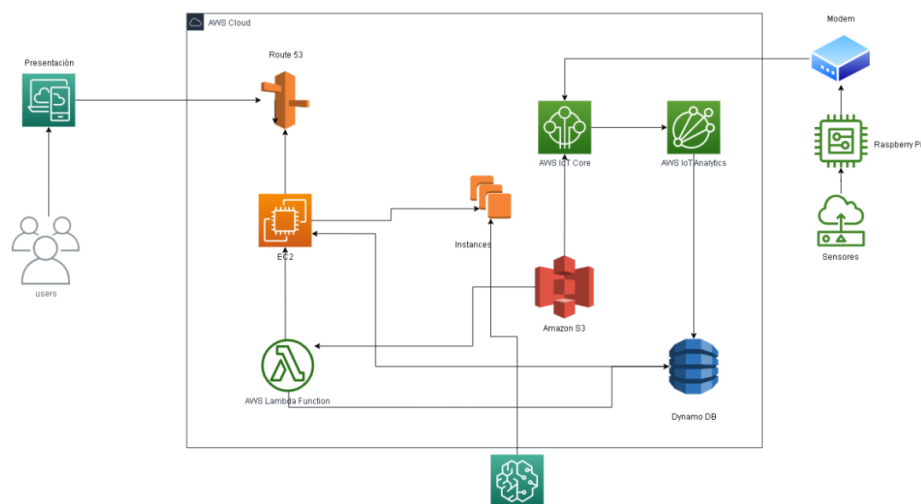
**Innovación tecnológica.** La nube es un ecosistema rico en servicios y herramientas innovadoras. Se puede aprovechar tecnologías como el aprendizaje automático, el análisis de big data, el Internet de las cosas (IoT) y la computación sin servidor para desarrollar soluciones

avanzadas y diferenciadoras. La arquitectura en la nube fomenta la experimentación y la adopción de nuevas tecnologías de forma ágil.

## Vista de Infraestructura

**Figura 24**

*Vista de infraestructura*



*Nota.* La figura presenta los componentes para la vista de infraestructura de la arquitectura propuesta (Autoría propia).

## Aplicación de Machine Learning

**Análisis de datos.** El Machine Learning puede ayudar a procesar grandes volúmenes de datos recopilados por los sensores IoT y extraer información valiosa. Puede identificar patrones, tendencias y anomalías en los datos, lo que proporciona una comprensión más profunda de los fenómenos observados.

**Predicciones y optimización.** Con modelos de Machine Learning entrenados en datos históricos, es posible hacer predicciones sobre eventos futuros. Esto puede ser útil para predecir rendimientos de cultivos, necesidades de riego, requerimientos de nutrientes, condiciones

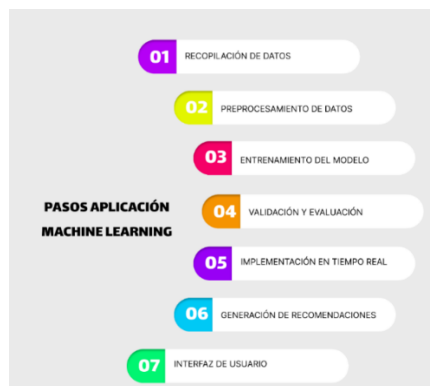
ambientales y otros factores importantes en la producción agrícola. Además, el Machine Learning puede ayudar a optimizar el uso de recursos, como el agua y los fertilizantes, al identificar las cantidades óptimas para lograr los mejores resultados.

### ***Toma de Decisiones Basado en Machine Learning***

Detección de anomalías y alertas tempranas: El Machine Learning puede ayudar a identificar patrones inusuales o comportamientos anómalos en los datos de los sensores. Esto permite la detección temprana de problemas, como enfermedades de las plantas, plagas, condiciones climáticas extremas u otros eventos adversos. Las alertas tempranas pueden ayudar a los agricultores a tomar medidas rápidas y mitigar los riesgos antes de que se produzcan daños significativos.

### **Figura 25**

#### ***Pasos aplicación Machine Learning***



*Nota.* La figura presenta los pasos para la aplicación de Machine Learning en la toma de decisiones (Autoría propia).

Se propone llevar a cabo una serie de pasos para implementar correctamente y desarrollar la solución para la aplicación de Machine Learning en la toma de decisiones que considera lo siguiente:

Paso 1: Recopilación de datos. En esta etapa, se recopilan y almacenan los datos relevantes para tu proyecto, que pueden ser datos agrícolas, datos climáticos, datos de cultivo de tomates, etc.

Los datos se almacenan en Amazon S3, un servicio de almacenamiento escalable de Amazon Web Services (AWS).

Esto proporciona una ubicación centralizada para los datos, lo que facilita su acceso y administración.

Paso 2: Preprocesamiento de datos. Antes de que los datos puedan ser utilizados para el entrenamiento de modelos de ML, a menudo es necesario realizar un preprocesamiento.

Amazon SageMaker se utiliza para limpiar, transformar y preparar los datos para su uso en el entrenamiento de modelos.

Los datos preprocesados se almacenan nuevamente en Amazon S3.

Paso 3: Entrenamiento del modelo. En esta etapa, SageMaker se utiliza para entrenar modelos de ML utilizando los datos preprocesados.

SageMaker proporciona un entorno de desarrollo de ML completo y escalable, lo que facilita el entrenamiento de modelos.

Los modelos se pueden ajustar y optimizar según sea necesario.

Paso 4: Validación y evaluación. SageMaker también se usa para evaluar el rendimiento de los modelos entrenados.

Esto implica la evaluación de métricas, de rendimiento como precisión, recuerdo, F1-score, etc., para determinar qué tan bien funcionan los modelos.

Se pueden realizar ajustes adicionales en función de los resultados de la evaluación.

Paso 5: Implementación en tiempo real. Una vez que los modelos están entrenados y validados, se pueden implementar en SageMaker como endpoints.

Estos endpoints están disponibles para realizar inferencia en tiempo real, lo que significa que pueden tomar datos de entrada y generar predicciones o recomendaciones en tiempo real.

Paso 6: Generación de recomendaciones. En tu sitio web, se implementa la lógica para enviar solicitudes a los endpoints de SageMaker cuando sea necesario.

La idea principal es generar recomendaciones para los agricultores, el sitio web enviará datos relevantes al endpoint de SageMaker y obtendrá recomendaciones basadas en el modelo de ML.

Paso 7: Interfaz de usuario. La interfaz de usuario de tu sitio web se encarga de mostrar las recomendaciones y resultados a los usuarios de manera amigable.

Los resultados de las recomendaciones se pueden presentar en forma de gráficos, tablas u otro formato visualmente comprensible.

Integración. La integración se logra mediante la comunicación entre el sitio web y los endpoints de SageMaker a través de solicitudes HTTP.

Cuando un usuario realiza una acción en el sitio web que requiere una recomendación, el sitio web envía datos relevantes al endpoint de SageMaker.

SageMaker procesa los datos y devuelve recomendaciones al sitio web, que luego se muestran a los usuarios.

Este enfoque de integración garantiza que las recomendaciones se generen en tiempo real y se presenten de manera efectiva en tu sitio web, lo que brinda a los usuarios una experiencia interactiva y valiosa. Además, SageMaker facilita el ciclo de vida completo de desarrollo de ML, desde la preparación de datos hasta la implementación de modelos en producción.

Con la aplicación de Machine Learning se puede proporcionar recomendaciones basadas en datos para la toma de decisiones. Por ejemplo, puede sugerir estrategias de riego más eficientes, programas de fertilización personalizados o métodos de control de plagas específicos. Esto ayuda a los agricultores a optimizar sus prácticas agrícolas y maximizar los rendimientos.

### Detección de Plagas

Para sugerir un pesticida en cuanto a la detección de plaga se deben cumplir los siguientes pasos.

**Figura 26**

#### *Machine Learning para detección de plaga*



*Nota.* La figura presenta pasos para la aplicación de Machine Learning en detección de plagas (Autoría propia).

1. Recopilación de datos. Recolecta una amplia variedad de imágenes de cultivos afectados por diferentes tipos de plagas. Estas imágenes servirán como conjunto de datos de entrenamiento para el modelo de Machine Learning.

2. Etiquetado de datos. Etiquetar cada imagen con información sobre el tipo de plaga presente. Esta etiqueta actuará como la variable objetivo para el entrenamiento supervisado del modelo.



3. Preprocesamiento de imágenes. Realizar un preprocesamiento de las imágenes, que puede incluir redimensionamiento, normalización, corrección de color y aumento de datos para aumentar la diversidad del conjunto de entrenamiento.
4. División de datos. Dividir el conjunto de datos en tres partes: entrenamiento, validación y prueba. Esto permitirá evaluar la precisión del modelo en datos no vistos.
5. Selección de arquitectura de red neuronal. Elegir una arquitectura de red neuronal convolucional (CNN) adecuada para el reconocimiento de imágenes. Puedes considerar modelos pre-entrenados como ResNet, Inception o VGG, y ajustarlos según tus necesidades.
6. Entrenamiento del modelo. Alimenta el conjunto de datos de entrenamiento a la red neuronal y entrena el modelo. Utiliza la función de pérdida y el optimizador apropiados para mejorar la precisión del modelo.
7. Validación del modelo. Utiliza el conjunto de validación para evaluar el rendimiento del modelo durante el entrenamiento. Ajusta los hiperparámetros según sea necesario para evitar el sobreajuste.
8. Pruebas con datos de prueba. Una vez que el modelo esté entrenado y validado, realiza pruebas con el conjunto de datos de prueba para medir su precisión y evaluar su capacidad para detectar plagas en nuevas imágenes.
9. Integración en la aplicación web. Integra el modelo de Machine Learning en la aplicación web diseñada para la detección de plagas. Esto puede implicar el uso de servicios como Amazon SageMaker para alojar y servir el modelo.

10. Interfaz de usuario. Desarrolla una interfaz de usuario intuitiva donde los usuarios puedan cargar imágenes de sus cultivos para la detección de plagas. La interfaz debe ser fácil de usar y proporcionar retroalimentación clara.

11. Proceso de detección. Cuando un agricultor carga una imagen, la aplicación web enviará la imagen al modelo de Machine Learning para la detección de plagas.

12. Presentación de resultados. Muestra los resultados de la detección en la interfaz de usuario, indicando si se ha encontrado una plaga y en caso afirmativo, qué tipo de plaga es.

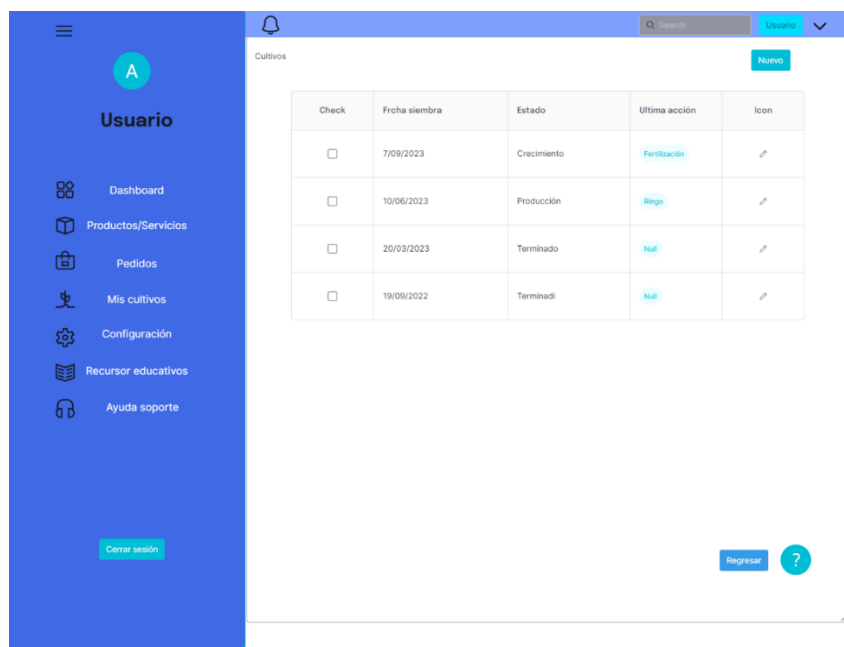
13. Sugerencias de control. Basándote en el tipo de plaga detectada, proporciona recomendaciones sobre el control de plagas, que pueden incluir pesticidas específicos u otras estrategias de manejo.

14. Registro y retroalimentación. Lleva un registro de las detecciones y permite a los usuarios proporcionar retroalimentación sobre la precisión de las detecciones, lo que puede ayudar a mejorar el modelo con el tiempo.

## Requisitos Funcionales

### Figura 27

#### Wireframe de cultivo



*Nota.* La figura muestra el wireframe o diseño que lista los cultivos (Autoría propia).

**Tabla de cultivos.** La interfaz presenta una tabla clara y organizada que enumera todos los cultivos activos. Cada fila de la tabla representa un cultivo específico y muestra datos clave, como el nombre del cultivo, la fecha de siembra, el estado actual y otros detalles relevantes.

**Botón de gestionar.** Junto a cada cultivo en la tabla, se encuentra un botón de "Gestionar" que permite a los agricultores acceder rápidamente a funciones y acciones relacionadas con ese cultivo en particular. Esto agiliza tareas como el registro de datos, la programación de tratamientos o la actualización de información.

**Orden y filtros.** Los agricultores pueden ordenar la lista de cultivos según diversos criterios, como la fecha de siembra o el estado actual. También tienen la opción de aplicar filtros

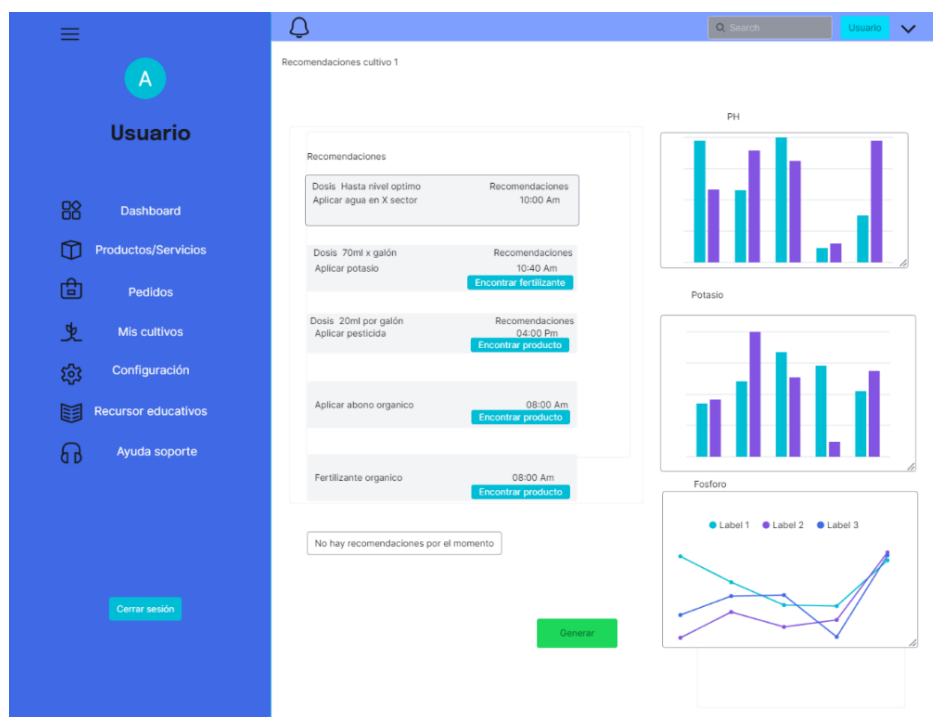
para ver cultivos específicos o grupos de cultivos, lo que facilita la búsqueda y la referencia rápida.

Datos clave. La tabla muestra datos sencillos pero esenciales para identificar cada cultivo, como el nombre, la fecha de siembra, el estado actual (por ejemplo, en crecimiento, listo para cosechar) y el tipo de cultivo.

Acciones rápidas. Los agricultores pueden realizar acciones rápidas desde esta vista, como registrar observaciones, programar tratamientos o acceder a detalles más amplios del cultivo con un solo clic.

## Figura 28

### Wireframe de recomendaciones



*Nota.* La figura presenta wireframe de recomendaciones para ejecución de acciones en la producción agrícola (Autoría propia).

La vista de "Sugerencias y Recomendaciones" utiliza la potencia del aprendizaje automático y la recopilación de datos en tiempo real para ofrecer a los agricultores un conjunto de recomendaciones inteligentes que optimizan sus operaciones agrícolas. Esta función se integra con sensores y dispositivos de monitoreo en el campo para recopilar información valiosa sobre el estado de los cultivos, las condiciones climáticas, el suelo y otros factores relevantes.

Recomendaciones de riego. Basado en la humedad del suelo y las condiciones climáticas previstas, la aplicación ofrece recomendaciones precisas sobre cuándo y cuánto regar sus cultivos, evitando el desperdicio de agua y optimizando el crecimiento de las plantas.

Calendario de siembra. Proporciona un calendario de siembra personalizado que tiene en cuenta la ubicación geográfica y las características del suelo, ayudando a los agricultores a planificar cuándo plantar diferentes cultivos para maximizar la producción.

Alertas de plagas y enfermedades. Detecta signos tempranos de plagas y enfermedades en los cultivos y envía alertas a los agricultores junto con recomendaciones para el control y la prevención.

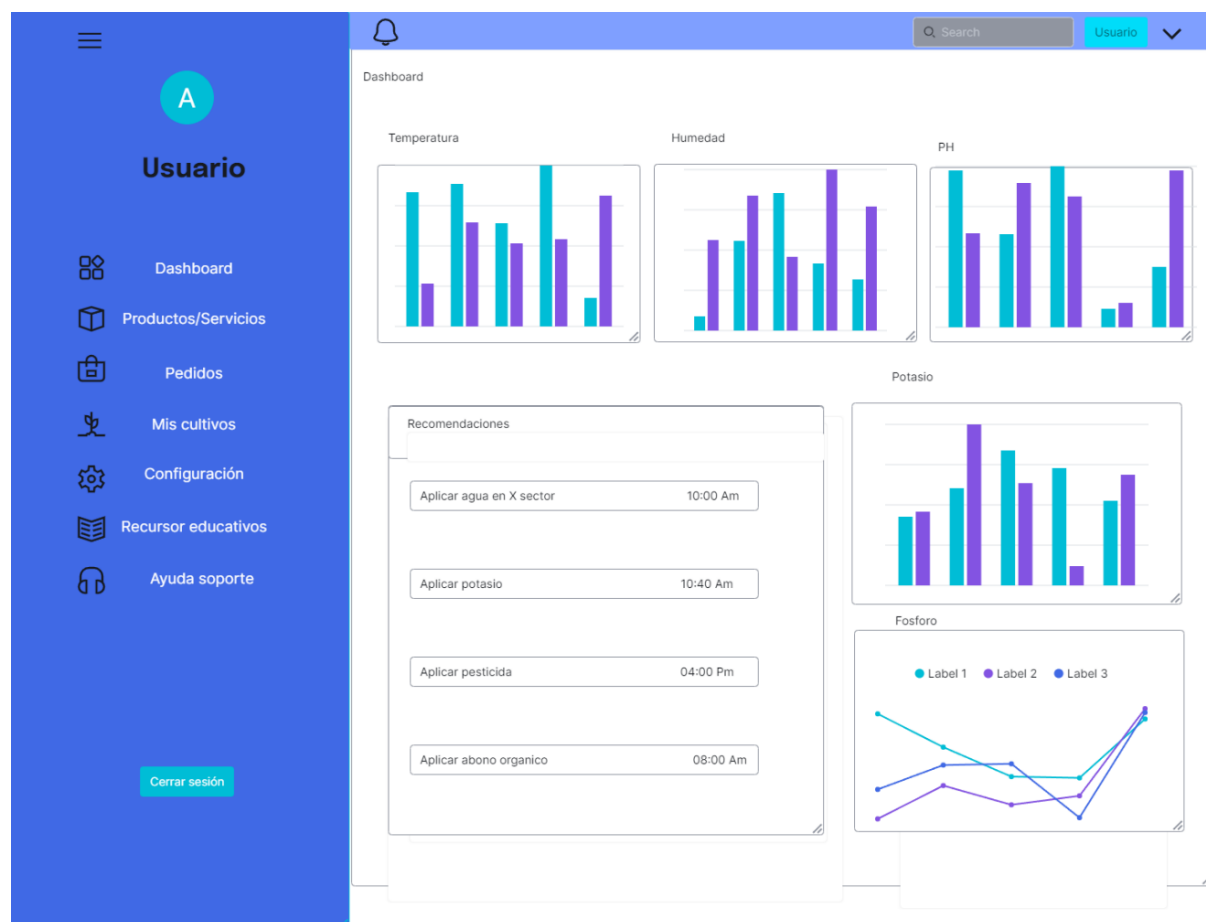
Optimización de fertilización. Recomienda la cantidad y el tipo de fertilizantes a utilizar en función del análisis del suelo y las necesidades específicas de los cultivos, lo que reduce el desperdicio y mejora la salud de las plantas.

Predicción de rendimiento. Utiliza modelos de aprendizaje automático para predecir el rendimiento esperado de los cultivos, lo que ayuda a los agricultores a tomar decisiones informadas sobre la gestión de la cosecha y la planificación de la distribución.

Historial y seguimiento. Permite a los agricultores llevar un registro de las decisiones tomadas y los resultados obtenidos, lo que facilita la retroalimentación y la mejora continua de las prácticas agrícolas.

**Figura 29**

*Wireframe de Dashboard*



*Nota.* La figura presenta wireframe del dashboard en el que se plantean gráficos e información general (Autoría propia).

Resumen de recomendaciones. En la parte superior del panel, se presenta un resumen de las recomendaciones de acciones clave para los cultivos. Estas recomendaciones pueden incluir sugerencias sobre el momento adecuado para la irrigación, la aplicación de fertilizantes,

tratamientos contra plagas y enfermedades, entre otros. Esto permite a los agricultores tomar decisiones informadas de manera rápida y efectiva.

**Gráficas interactivas de variables.** El panel incluye gráficas interactivas que muestran variables claves relacionadas con los cultivos. Esto podría abarcar datos como la temperatura, la humedad del suelo, la cantidad de luz solar, los niveles de nutrientes y otros factores relevantes. Los agricultores pueden personalizar estas gráficas para ver datos específicos de cada cultivo y período de tiempo.

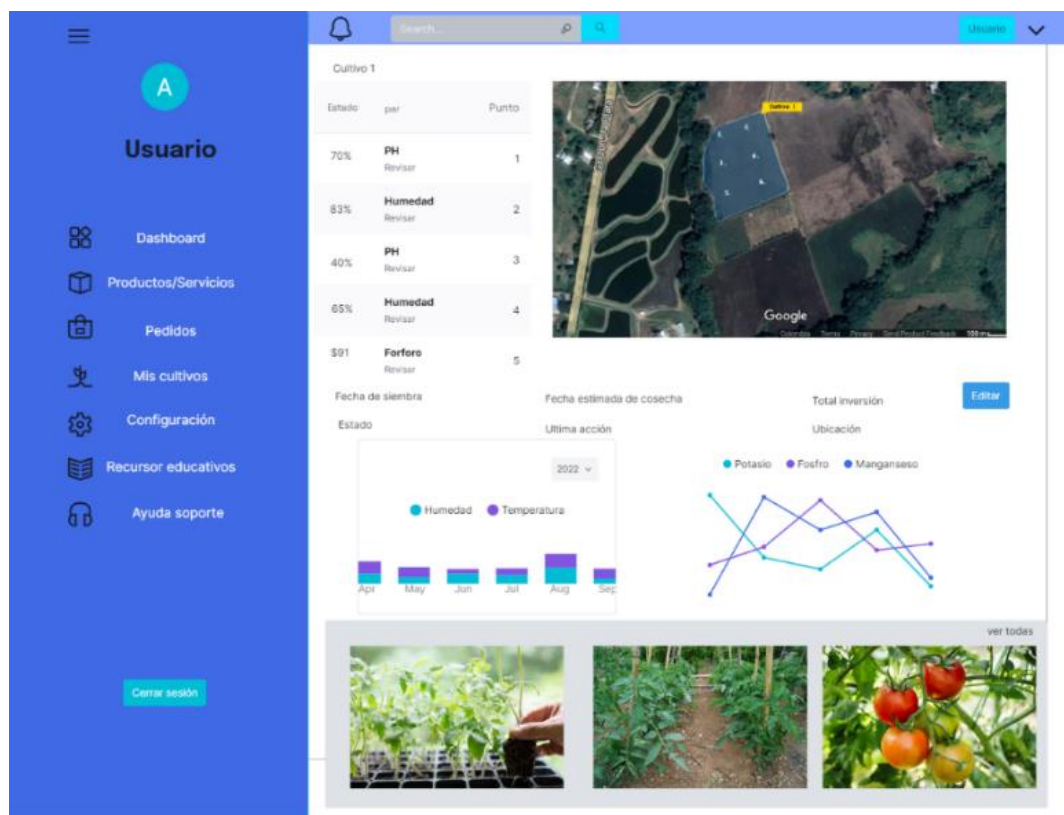
**Resumen de datos históricos.** Se proporciona un resumen histórico de datos que permite a los agricultores rastrear el progreso y el rendimiento de sus cultivos a lo largo del tiempo. Esto incluye información sobre cosechas anteriores, rendimientos, costos y cualquier otra métrica relevante.

**Notificaciones e indicadores.** El panel también muestra notificaciones e indicadores importantes en tiempo real. Esto puede incluir alertas sobre problemas de salud de los cultivos, cambios climáticos inminentes o eventos críticos que requieran atención inmediata.

**Navegación intuitiva.** Una interfaz de usuario intuitiva permite a los agricultores acceder a información detallada sobre cultivos específicos y realizar un seguimiento preciso de su progreso. Los agricultores pueden hacer clic en elementos del panel para profundizar en los datos y obtener recomendaciones más detalladas.

**Figura 30**

*Wireframe de cultivo*



*Nota.* En la figura se presenta el wireframe de la gestión del cultivo, graficas, recomendaciones e imágenes del avance de este (Autoría propia).

La sección de "Cultivo" es el corazón de la aplicación, proporcionando a los agricultores una plataforma completa y visual para administrar y monitorear sus campos de cultivo. Esta área se basa en tecnología de vanguardia y ofrece una interfaz intuitiva que facilita el seguimiento y la toma de decisiones informadas.



Mapa de cultivo. El "Mapa de Cultivo" es una característica visual clave que muestra una representación gráfica de los campos de cultivo. Los cultivos plantados están sombreados en el mapa, lo que permite a los agricultores identificar fácilmente la ubicación y el tamaño de cada zona de cultivo.

Puntos estratégicos. En el mapa, se destacan "Puntos Estratégicos" que corresponden a ubicaciones clave en el campo. Estos puntos son lugares donde se realizan tratamientos específicos, como riego, fertilización, aplicación de pesticidas, etc. Al hacer clic en cada punto, se accede a información detallada sobre las acciones realizadas y programadas para ese lugar.

Resumen de datos. La sección proporciona un resumen completo de datos relacionados con el cultivo, como el estado actual, las condiciones climáticas, el crecimiento y los datos del suelo. Esto permite a los agricultores obtener una visión general rápida de la salud y el progreso de sus cultivos.

Seguimiento fotográfico. La aplicación permite a los agricultores tomar y cargar fotos del progreso del cultivo directamente desde el campo. Estas imágenes se organizan cronológicamente y se vinculan a ubicaciones específicas en el mapa, lo que facilita la documentación visual de eventos importantes, como floración, cosecha o problemas de plagas.

Gráficos interactivos. Se incluyen gráficos interactivos que muestran tendencias de crecimiento, consumo de agua, utilización de fertilizantes y más. Los agricultores pueden personalizar estos gráficos para analizar datos específicos y tomar decisiones basadas en evidencia.

## Figura 31

### Wireframe página principal



*Nota.* En la imagen se presenta el wireframe de la página principal, donde se encuentran las entradas principales, y descripción del proyecto (Autoría propia).

La página de acceso principal es la puerta de entrada a la solución de Agricultura Inteligente. En esta página, los usuarios encontrarán las siguientes entradas clave:

**Iniciar sesión.** Para los usuarios existentes, se proporciona un formulario de inicio de sesión. Aquí pueden ingresar sus credenciales, como nombre de usuario y contraseña, para acceder a sus cuentas.

**Registro de usuario nuevo.** Para nuevos usuarios que desean utilizar la plataforma, se ofrece un proceso de registro. Los usuarios pueden completar un formulario de registro, proporcionando información personal y creando credenciales de inicio de sesión.

**Recuperación de contraseña.** En caso de que un usuario olvide su contraseña, hay un enlace o botón que permite la recuperación de la contraseña. Esto suele implicar recibir un correo electrónico con instrucciones para restablecer la contraseña.

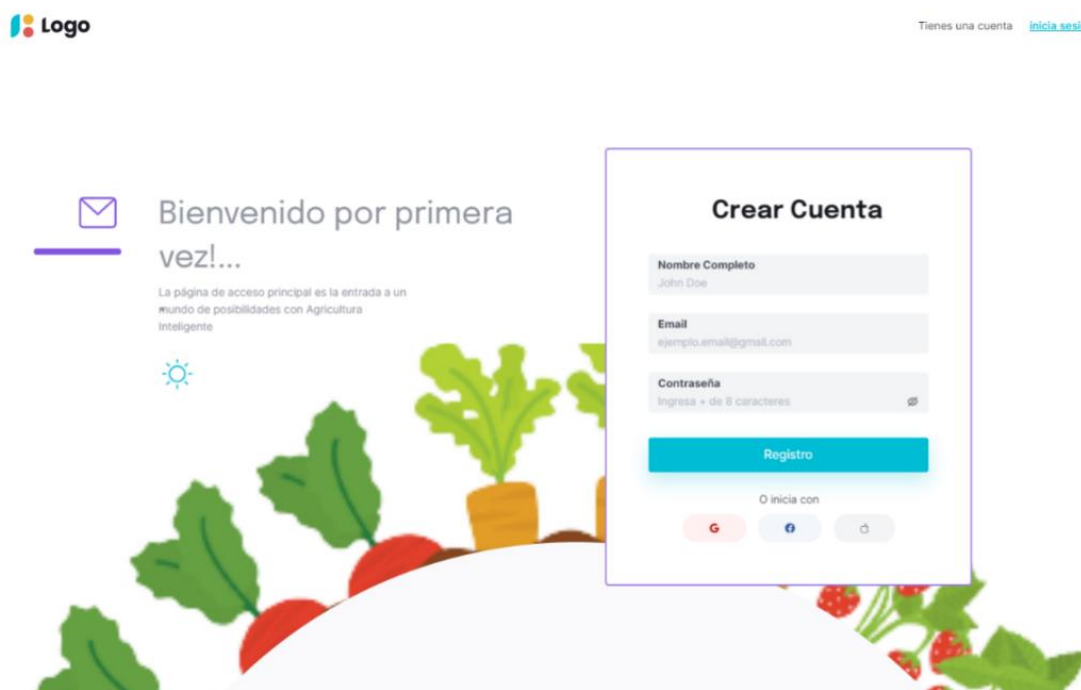
Información de contacto y soporte. Para cualquier pregunta o asistencia adicional, se proporciona información de contacto o enlaces a recursos de soporte. Esto puede incluir números de teléfono de atención al cliente, direcciones de correo electrónico o enlaces a la sección de preguntas frecuentes.

Opciones de idioma. Dependiendo de las preferencias del usuario y las configuraciones regionales, es posible que se ofrezcan opciones para seleccionar el idioma preferido en esta página.

Navegación sencilla. La página de acceso principal tiene una navegación simple y clara, lo que facilita a los usuarios encontrar lo que necesitan. Esto puede incluir enlaces adicionales a la política de privacidad, términos de uso y otros recursos importantes.

## Figura 32

### Wireframe de registro



*Nota.* La imagen presenta wifeframe de login o ingreso a la plataforma (Autoría propia).

Vista de registro. La vista de registro es el punto de partida para unirse a la comunidad de Agricultura Inteligente. Aquí, los agricultores y expertos en cultivos pueden inscribirse de manera rápida y sencilla, desbloqueando un mundo de herramientas y recursos diseñados para optimizar sus operaciones. Algunos aspectos destacados de esta vista incluyen:

Formulario de registro intuitivo. Un formulario de registro fácil de completar que solicita información esencial, como nombre, dirección de correo electrónico y contraseña. Se ha simplificado este proceso para que pueda comenzar en minutos.

Confirmación de contraseña. La seguridad es primordial. Los usuarios deben confirmar su contraseña para evitar errores y garantizar la seguridad de su cuenta.

Política de privacidad y términos de uso. Transparencia total. Proporcionar enlaces a las políticas de privacidad y términos de uso para que los usuarios puedan revisarlos antes de registrarse.

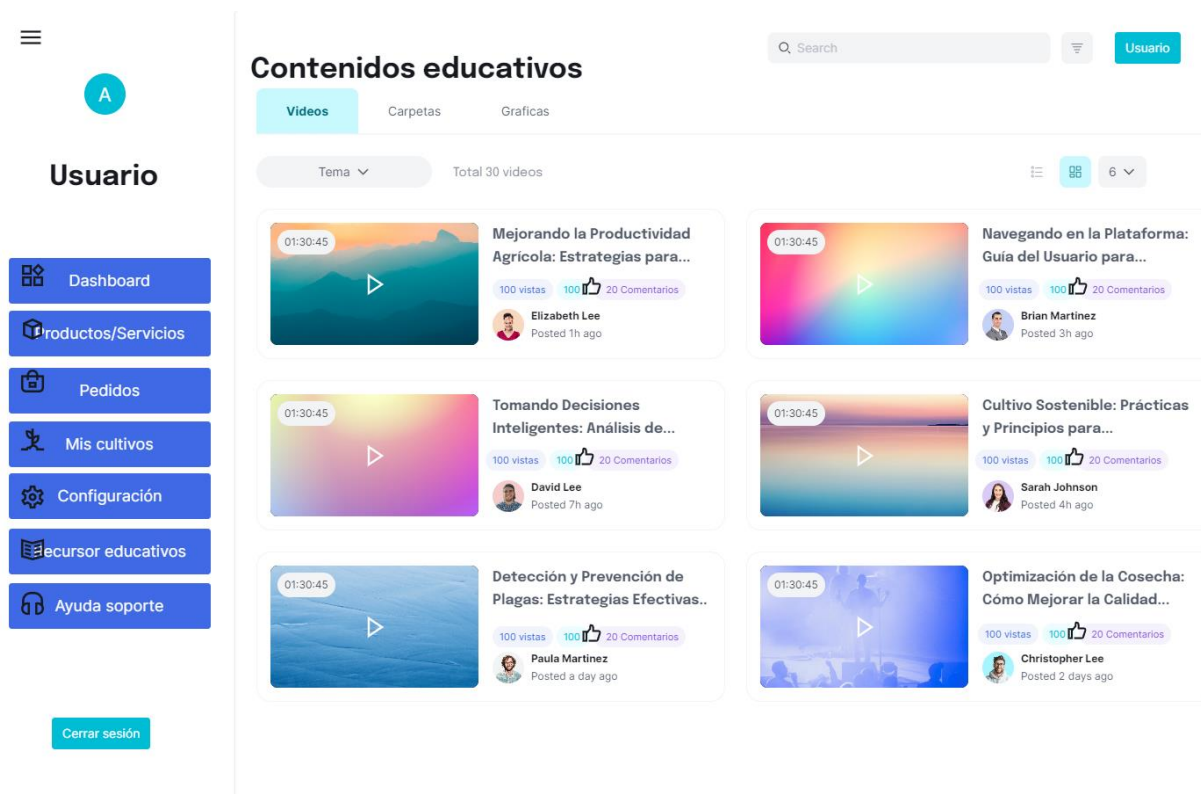
Botón de registro. Un botón claro y llamativo que permite a los usuarios completar el proceso de registro y comenzar a aprovechar las ventajas de la plataforma.

Acceso a la página de inicio de sesión. Si los usuarios ya tienen una cuenta, pueden acceder rápidamente a la página de inicio de sesión desde aquí.

Asistencia disponible. Se pretende ofrecer información de contacto y recursos para aquellos que necesitan ayuda durante el proceso de registro.

Figura 33

Wireframe de contenidos educativos



*Nota.* La imagen presenta wireframe de contenidos educativos (Autoría propia).

"Vista de biblioteca de videos educativos". Esta vista es un componente clave de la plataforma de aprendizaje. Aquí, los usuarios pueden acceder a una amplia variedad de videos educativos relacionados con la agricultura y el uso de la plataforma. Los videos se organizan en categorías, lo que facilita la búsqueda de contenido relevante. Los usuarios pueden seleccionar y ver videos según sus necesidades de aprendizaje y obtener información valiosa para mejorar sus prácticas agrícolas y su comprensión de la plataforma.

## Figura 34

### Wireframe listado de productos

<input checked="" type="checkbox"/>	PRODUCTO	NOMBRE	Tipo	Precio	STOCK	VENDOR
<input checked="" type="checkbox"/>		Fertilizante Orgánico "VerdeVida"	Fertilizantes	\$20.99 por bolsa de 5 kg	200 unidades en stock	GreenFarms Solutions
<input checked="" type="checkbox"/>		Pesticida Natural "Guardián Verde"	Pesticidas	\$15.49 por botella de 500 ml	150 unidades en stock	NatureGuard Pest Control
<input checked="" type="checkbox"/>		Herbicida Selectivo "WeedMaster"	Herbicidas	\$18.99 por botella de 1 litro	100 unidades en stock	WeedAway Agriculture
<input type="checkbox"/>		Abono de Liberación Lenta "NutriCrece"	Abonos	\$24.99 por saco de 10 kg	75 unidades en stock	GrowWell Nutrition
<input checked="" type="checkbox"/>		Fertilizante Líquido "BloomBoost"	Fertilizantes	\$14.99 por botella de 750 ml	120 unidades en stock	BloomTech Fertilizers
<input type="checkbox"/>		Pesticida de Amplio Espectro "ShieldGuard"	Pesticidas	\$19.99 por botella de 1 litro	90 unidades en stock	PestGuard Industries
<input type="checkbox"/>		Herbicida Orgánico "EcoClear"	Herbicidas	\$16.49 por botella de 750 ml	110 unidades en stock	EcoHarvest Solutions

*Nota.* La imagen wireframe de listado de productos (Autoría propia).

Este requisito funcional establece la necesidad de integrar capacidades avanzadas de Machine Learning (ML) en el sistema, con el propósito de mejorar la calidad de las recomendaciones ofrecidas a los agricultores y permitir un análisis profundo de los productos agrícolas disponibles en la plataforma.

Recomendaciones mejoradas. Se requiere la implementación de algoritmos de Machine Learning para potenciar la generación de recomendaciones de productos agrícolas. Estos algoritmos utilizarán datos históricos de preferencias de los agricultores, información de cultivos y análisis de suelos, así como condiciones climáticas locales. Las recomendaciones se basarán en modelos predictivos que consideren múltiples factores y patrones.

Análisis de productos con ML. Todos los productos agrícolas disponibles en la plataforma deberán estar sujetos a análisis continuos utilizando algoritmos de Machine Learning. Esto permitirá determinar la calidad, eficacia y adecuación de los productos para diferentes situaciones y tipos de cultivos.

Personalización de recomendaciones. El sistema deberá ser capaz de personalizar las recomendaciones de productos agrícolas para cada usuario. Esto se logrará mediante la recopilación y el análisis de datos de comportamiento del usuario y preferencias específicas de cultivo.

Aprendizaje continuo. Los algoritmos de ML implementados en el sistema deberán ser capaces de aprender y adaptarse continuamente a medida que se obtengan más datos y se realicen más transacciones en la plataforma.

Métricas y evaluación. Se establecerán métricas de evaluación para medir la eficacia de las recomendaciones y el análisis de productos. Estas métricas se utilizarán para ajustar y mejorar los algoritmos de ML con el tiempo.

Interfaz de usuario informada. Los resultados del análisis de productos y las recomendaciones de ML se presentarán de manera clara y comprensible en la interfaz de usuario. Se proporcionará información detallada sobre los productos y se destacarán las razones detrás de cada recomendación.

Opción de retroalimentación. Los usuarios tendrán la opción de proporcionar retroalimentación sobre las recomendaciones y análisis de productos. Esta retroalimentación se utilizará para refinar aún más los algoritmos de ML.

**Figura 35***Wireframe de ajustes*

Inicio / Ajustes

## Ajustes

General Compras Lenguaje y región

**Carlos Rivera**

Descripción

### Perfil

**Nombre completo**

**Nombre de usuario**

**Profesion**

**Location**

**Descripción**

### Cuenta

**Correo**

**Contraseña**

### Preferencias

**Recibir sugerencias de productos**  
 Quis nostrud exercitacion ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat

**Ubicación en Tiempo Real**  
 Permitir el acceso a tu ubicación para ofrecer servicios basados en la ubicación.

**Recomendaciones personalizadas**  
 Recibir recomendaciones personalizadas según tus preferencias y comportamiento de navegación.

**Guardar**

*Nota.* La figura muestra el wireframe de los ajustes donde el usuario puede ajustar sus preferencias (Autoría propia).

Recomendaciones personalizadas. Posibilidad de habilitar o deshabilitar recomendaciones basadas en preferencias y comportamiento de navegación.

Ubicación en tiempo real. Opción de permitir o bloquear el acceso a la ubicación para servicios basados en esta información.

Sugerencias de productos. Capacidad de configurar preferencias de categorías de productos o desactivar sugerencias.



Actualización de datos personales. Permite cambiar la dirección de correo electrónico y contraseña a través de un formulario de actualización, con confirmación mediante contraseña actual.

### **Requisitos no Funcionales**

Rendimiento. El sistema debe ser capaz de manejar un gran volumen de datos de manera eficiente, incluyendo el procesamiento rápido de imágenes y datos de sensores, para que las recomendaciones sean instantáneas.

Disponibilidad. El sistema debe estar disponible las 24 horas del día, los 7 días de la semana, ya que los agricultores pueden necesitar acceso en cualquier momento.

Seguridad. Se deben implementar medidas de seguridad sólidas para proteger la información del usuario, especialmente la ubicación y los datos personales.

Escalabilidad. El sistema debe ser escalable para acomodar un crecimiento futuro, tanto en términos de usuarios como de características adicionales.

Interfaz de usuario intuitiva. La interfaz de usuario debe ser fácil de usar, incluso para personas sin experiencia técnica en agricultura o tecnología.

Compatibilidad de navegadores. La plataforma web debe ser compatible con una variedad de navegadores web populares para garantizar que los usuarios puedan acceder desde diferentes dispositivos.

Tiempo de respuesta. Las acciones del usuario, como hacer clic en un producto o una recomendación, deben generar respuestas instantáneas del sistema para mantener una experiencia fluida.

**Privacidad de datos.** Deben cumplirse las regulaciones de privacidad de datos aplicables, y los usuarios deben tener control sobre cómo se utilizan sus datos.

**Localización.** Si el sistema se utiliza en diferentes regiones o países, debe ser localizable para adaptarse a idiomas y requisitos específicos de cada lugar.

**Mantenibilidad.** Debe ser fácil de mantener y actualizar para garantizar que las características futuras se puedan agregar de manera eficiente.

**Documentación.** Se debe proporcionar una documentación completa y accesible para los usuarios y desarrolladores que explique cómo utilizar el sistema y cómo funciona internamente.

**Soporte técnico.** Debe estar disponible un soporte técnico adecuado para ayudar a los usuarios con problemas técnicos o consultas.

**Tolerancia a fallos.** El sistema debe ser capaz de manejar errores inesperados de manera robusta y minimizar el tiempo de inactividad.

**Cumplimiento normativo.** Debe cumplir con las regulaciones agrícolas y tecnológicas específicas de la región en la que se utilice.

## **Diseño del Modelo del Negocio**

EL modelo de negocio se centra en proporcionar una solución integral para la optimización de cultivos de tomate y otros cultivos similares mediante el uso de tecnologías de Internet de las cosas (IoT) y análisis de datos. EL objetivo es ayudar a los productores agrícolas a mejorar la calidad, rendimiento y eficiencia de sus cultivos, al tiempo que reducen los costos y minimizan los impactos ambientales.

La propuesta de valor se basa en la capacidad de recopilar datos en tiempo real de sensores IoT estratégicamente ubicados en los cultivos, lo que permite monitorear y analizar de manera precisa diversos parámetros como la humedad del suelo, temperatura, niveles de nutrientes y condiciones ambientales. Estos datos se procesan y se utilizan para generar información valiosa que permite a los productores tomar decisiones informadas y basadas en datos para mejorar sus prácticas agrícolas.

El modelo de negocio se basa en una combinación de hardware, software y servicios. Proporcionar a los productores los dispositivos IoT necesarios, así como una plataforma en la nube donde se recopilan, almacenan y analizan los datos. Además, ofrecer servicios de consultoría y asesoramiento agrícola para ayudar a los productores a interpretar y utilizar los resultados de análisis de datos de manera efectiva.

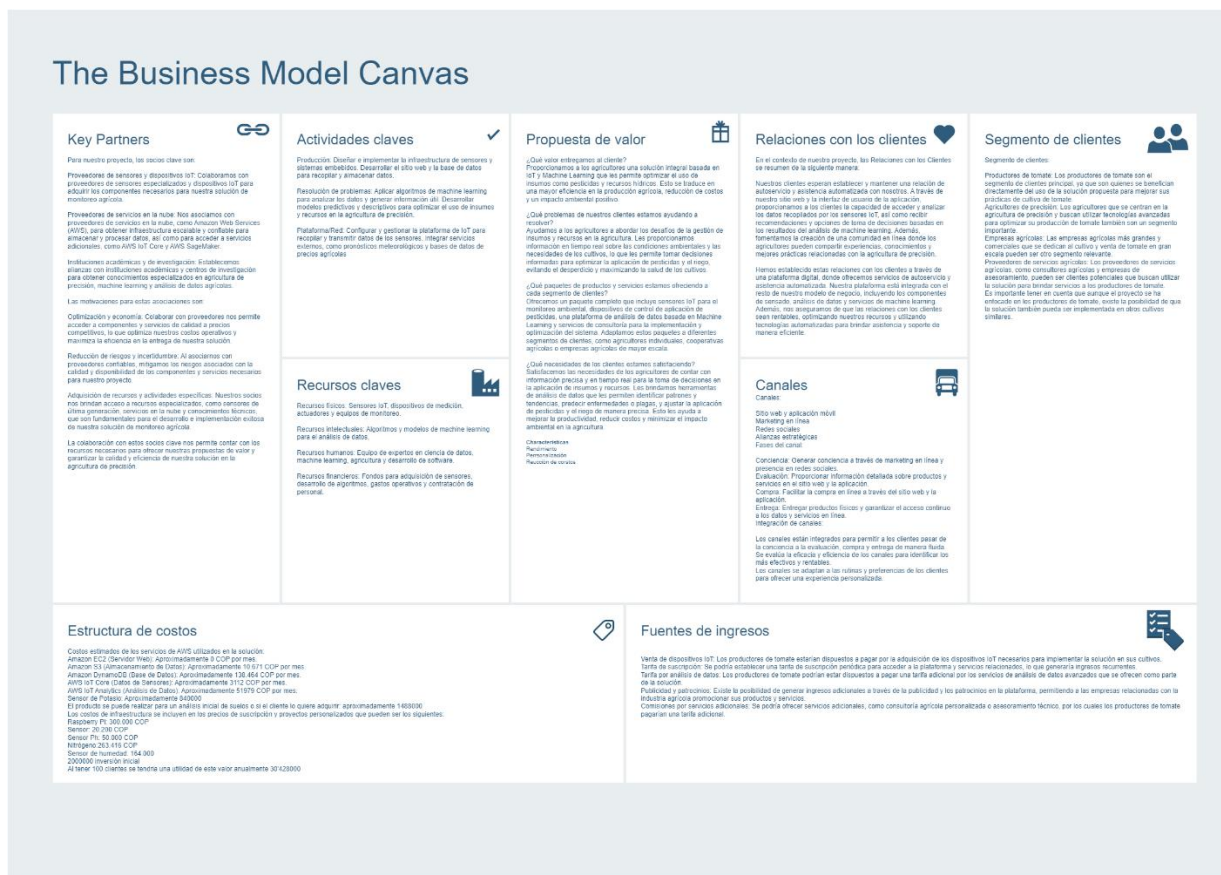
Para generar ingresos, se ha establecido diversos flujos de ingresos, que incluyen la venta de dispositivos IoT, tarifas de suscripción, tarifas por servicios de análisis de datos, publicidad y patrocinios, así como comisiones por servicios adicionales.

El modelo de negocio se adapta a las necesidades y demandas de los productores de tomate y otros cultivos, brindándoles una herramienta poderosa para mejorar la productividad y

sostenibilidad de sus operaciones agrícolas. Comprometiéndose en ofrecer soluciones innovadoras y tecnológicas que impulsen el éxito, la rentabilidad de los clientes en el sector agrícola.

**Figura 36**

*Diseño de modelo de negocio*



*Nota.* En la figura se presenta el modelo negocio plasmado en canvas (Autoría propia).

**Propuesta de Valor**

¿Qué valor se pretende entregar al cliente? Proporcionar a los agricultores una solución integral basada en IoT y Machine Learning que les permite optimizar el uso de insumos como

pesticidas y recursos hídricos. Esto se traduce en una mayor eficiencia en la producción agrícola, reducción de costos y una disminución del impacto ambiental.

¿Qué problemas de posibles clientes se pueden ayudar a resolver? Se ayuda a los agricultores a abordar los desafíos de la gestión de insumos y recursos en la agricultura. Se les proporciona información en tiempo real sobre las condiciones ambientales y las necesidades de los cultivos, lo que les permite tomar decisiones informadas para optimizar la aplicación de pesticidas y el riego, evitando el desperdicio y maximizando la salud de los cultivos.

¿Qué paquetes de productos y servicios se pretende ofrecer a cada segmento de clientes?. Ofrecer un paquete completo que incluye sensores IoT para el monitoreo ambiental, dispositivos de control de aplicación de pesticidas, una plataforma de análisis de datos basada en Machine Learning y servicios de consultoría para la implementación y optimización del sistema. Adaptar estos paquetes a diferentes segmentos de clientes, como agricultores individuales, cooperativas o empresas agrícolas de mayor escala.

¿Qué necesidades de los clientes se pretenden satisfacer? Satisfacer las necesidades de los agricultores de contar con información precisa y en tiempo real para la toma de decisiones en la aplicación de insumos y recursos. La brindar herramientas de análisis de datos que les permiten identificar patrones y tendencias, predecir enfermedades o plagas, ajustar la aplicación de pesticidas y el riego de manera precisa. Esto les ayuda a mejorar la productividad, reducir costos y minimizar el impacto ambiental en la agricultura.

Rendimiento La solución basada en IoT y Machine Learning permite a los agricultores mejorar el rendimiento de su producción agrícola. Proporcionar información en tiempo real,

análisis de datos precisos para optimizar el uso de insumos y recursos, lo que se traduce en una mayor eficiencia y mejores resultados.

**Personalización:** Adaptar la solución a las necesidades específicas de cada cliente y segmento agrícola. Se pretende brindar herramientas y servicios personalizados para satisfacer las necesidades y desafíos individuales de los agricultores, lo que les permite obtener el máximo valor de la solución.

**Reducción de costos:** La solución ayuda a reducir los costos asociados con la aplicación de pesticidas y el uso de recursos hídricos en la agricultura. Al optimizar la cantidad y el momento de la aplicación de insumos, los agricultores pueden minimizar el desperdicio y maximizar la eficiencia, lo que se traduce en ahorros significativos.

**Reducción de riesgos:** Al proporcionar información precisa sobre las condiciones ambientales, las necesidades de los cultivos y la detección temprana de problemas, la solución ayuda a los agricultores a reducir los riesgos asociados con enfermedades, plagas y pérdidas en la producción agrícola. Les permite tomar decisiones informadas y proactivas para minimizar los impactos negativos.

**Accesibilidad:** La solución está diseñada para ser accesible para diferentes segmentos agrícolas, desde agricultores individuales hasta cooperativas o empresas de mayor escala. Se busca ofrecer una solución que sea fácil de implementar y utilizar, brindando acceso a tecnologías avanzadas a agricultores de diferentes capacidades y recursos.

**Conveniencia/Usabilidad:** Se busca ofrecer una solución que sea conveniente y fácil de usar para los agricultores, además de proporcionar una interfaz intuitiva y herramientas de

análisis de datos que permiten a los agricultores obtener información relevante y tomar decisiones rápidas y efectivas.

### **Canales de Distribución**

En base a el proyecto, los canales que se proponen utilizar para alcanzar a los segmentos de clientes son los siguientes:

**Sitio web y aplicación.** Se pretende emplear el sitio web y una aplicación móvil como los principales canales para llegar a los clientes. A través de estos canales, los clientes pueden acceder a la información sobre los productos y servicios, visualizar y analizar los datos recopilados por los sensores IoT y recibir recomendaciones basadas en el análisis de Machine Learning.

**Marketing en línea.** Se propone estrategias de marketing en línea, como publicidad en motores de búsqueda, marketing de contenidos y campañas de correo electrónico, para generar conciencia sobre el proyecto y sus soluciones. Estas actividades nos ayudan a atraer a nuevos clientes y a mantenernos en contacto con los existentes.

**Redes sociales.** Utilizar plataformas de redes sociales, como Facebook, Twitter y LinkedIn, para interactuar con los clientes, compartir noticias, actualizaciones, y fomentar la participación en la comunidad de agricultores de precisión.

### **Alianzas Estratégicas**

Establecer asociaciones con proveedores de tecnología agrícola, distribuidores de equipos y otros actores relevantes en el sector. A través de estas alianzas, ampliar al alcance y conectar con clientes potenciales que ya están involucrados en la agricultura de precisión.

En cuanto a las fases del canal:

**Conciencia.** Generar conciencia sobre la empresa y soluciones a través de campañas de marketing en línea, presencia en redes sociales y participación en eventos relevantes de la industria agrícola.

**Evaluación.** Proporcionar información detallada sobre los productos y servicios a través del sitio web y aplicación, permitiendo a los clientes evaluar cómo las soluciones pueden satisfacer sus necesidades específicas.

**Compra.** Facilitar el proceso de compra a través del sitio web y aplicación, donde los clientes pueden realizar pedidos y seleccionar los servicios que deseen contratar.

**Entrega.** Después de la compra, entregamos los productos físicos solicitados a través de servicios de envío y garantizamos que los clientes tengan acceso continuo a los datos y servicios a través de la plataforma en línea.

**Fuentes de ingresos.** Venta de dispositivos IoT: Los productores de tomate estarían dispuestos a pagar por la adquisición de los dispositivos IoT necesarios para implementar la solución en sus cultivos.

**Tarifa de suscripción.** Se podría establecer una tarifa de suscripción periódica para acceder a la plataforma y servicios relacionados, lo que generaría ingresos recurrentes.

**Tarifa por análisis de datos.** Los productores de tomate podrían estar dispuestos a pagar una tarifa adicional por los servicios de análisis de datos avanzados que se ofrecen como parte de la solución.



Publicidad y patrocinios. Existe la posibilidad de generar ingresos adicionales a través de la publicidad y los patrocinios en la plataforma, permitiendo a las empresas relacionadas con la industria agrícola promocionar sus productos y servicios.

Comisiones por servicios adicionales. Se podría ofrecer servicios adicionales, como consultoría agrícola personalizada o asesoramiento técnico, por los cuales los productores de tomate pagarían una tarifa adicional.

Recursos físicos. Incluye los sensores IoT utilizados para la recopilación de datos, dispositivos de medición, actuadores y otros equipos necesarios para el monitoreo de insumos pesticidas y recursos hídricos en la agricultura de precisión. Además, se requiere infraestructura de red y comunicación para la transmisión de datos entre los sensores y los sistemas de análisis.

Recursos intelectuales. El proyecto se basa en el uso de tecnologías de vanguardia, como el Machine Learning, para el análisis de datos y la toma de decisiones. Por lo tanto, se requieren recursos intelectuales como algoritmos y modelos de Machine Learning desarrollados específicamente para la interpretación de los datos recopilados. También se pueden considerar derechos de propiedad intelectual sobre estos algoritmos y modelos.

Recursos humanos. Contar con un equipo de expertos en áreas como ciencia de datos, Machine Learning, agricultura y desarrollo de software es fundamental. Estos profesionales serán responsables de diseñar y desarrollar los algoritmos de Machine Learning, configurar y mantener los sensores IoT, analizar los datos recopilados y brindar recomendaciones basadas en los resultados. Además, un equipo de ventas y atención al cliente será necesario para establecer relaciones con los agricultores y brindar soporte técnico.

Recursos financieros. Es necesario contar con recursos financieros para cubrir los costos asociados con la adquisición de los sensores IoT, el desarrollo y mantenimiento de los algoritmos de Machine Learning, los gastos operativos, la contratación de personal y la promoción del proyecto. Estos recursos pueden provenir de fondos propios, inversores externos o subvenciones específicas para proyectos agrícolas.

### **Actividades Clave**

En el contexto del proyecto, las actividades clave son:

Producción. Diseño e implementación de la infraestructura de sensores, sistemas embebidos y actuadores. Desarrollo del sitio web y la base de datos para recopilar y almacenar los datos generados por los sensores.

Resolución de problemas. Implementación de algoritmos de Machine Learning para el análisis de datos y la generación de Insights. Desarrollo de modelos predictivos y descriptivos para optimizar el uso de insumos, como pesticidas y recursos hídricos, en la agricultura de precisión.

Plataforma/Red. Configuración y gestión de la plataforma de IoT para recopilar y transmitir los datos de los sensores. Integración con servicios externos, como pronósticos meteorológicos y bases de datos de precios de productos agrícolas.

Estas actividades son necesarias para respaldar las propuestas de valor, establecer canales de distribución eficientes y mantener relaciones sólidas con los clientes. Además, generan flujos de ingresos a través de la venta de servicios de análisis de datos, consultoría en agricultura de precisión y posible monetización de la plataforma y red de IoT.

## **Socios Clave**

Para el proyecto, los socios clave son:

Proveedores de sensores y dispositivos IoT. Colaborar con proveedores de sensores especializados y dispositivos IoT para adquirir los componentes necesarios para la solución de monitoreo agrícola.

Proveedores de servicios en la nube. Es clave la asociación con proveedores de servicios en la nube, como Amazon Web Services (AWS), para obtener infraestructura escalable y confiable para almacenar y procesar datos, así como para acceder a servicios adicionales, como AWS IoT Core y AWS SageMaker.

Instituciones académicas y de investigación. Establecer alianzas con instituciones académicas y centros de investigación para obtener conocimientos especializados en agricultura de precisión, Machine Learning y análisis de datos agrícolas.

Las motivaciones para estas asociaciones son:

Optimización y economía. Colaborar con proveedores nos permite acceder a componentes y servicios de calidad a precios competitivos, lo que optimiza los costos operativos y maximiza la eficiencia en la entrega de la solución.

Reducción de riesgos e incertidumbre. Al asociarnos con proveedores confiables, mitigar los riesgos asociados con la calidad y disponibilidad de los componentes y servicios necesarios para el proyecto.

Adquisición de recursos y actividades específicas. Los socios nos brindan acceso a recursos especializados, como sensores de última generación, servicios en la nube y

conocimientos técnicos, que son fundamentales para el desarrollo e implementación exitosa de la solución de monitoreo agrícola.

La colaboración con estos socios clave nos permite contar con los recursos necesarios para ofrecer las propuestas de valor, garantizar la calidad y eficiencia de la solución en la agricultura de precisión.

### **Estructura de Costos**

Costos de desarrollo de software, costos de hardware especializado, costos de marketing y ventas, costos de soporte técnico y mantenimiento, costos de investigación y desarrollo.

20`000.000 de inversión inicial, al tener 100 clientes se tendría una utilidad anualmente de 30`428,608.

### **Relaciones con los Clientes**

En el contexto del proyecto, las relaciones con los clientes se resumen de la siguiente manera:

Los clientes esperan establecer y mantener una relación de autoservicio y asistencia automatizada con nosotros. A través del sitio web y la interfaz de usuario de la aplicación, proporcionar a los clientes la capacidad de acceder y analizar los datos recopilados por los sensores IoT, así como recibir recomendaciones y opciones de toma de decisiones basadas en los resultados del análisis de Machine Learning. Además, fomentar la creación de una comunidad en línea donde los agricultores pueden compartir experiencias, conocimientos y mejores prácticas relacionadas con la agricultura de precisión.

Establecer estas relaciones con los clientes a través de una plataforma digital, donde ofrecer servicios de autoservicio y asistencia automatizada. La plataforma está integrada con el

resto del modelo de negocio, incluyendo los componentes de sensado, análisis de datos y servicios de Machine Learning. Además, nos aseguramos de que las relaciones con los clientes sean rentables, optimizando los recursos y utilizando tecnologías automatizadas para brindar asistencia y soporte de manera eficiente.

### **Segmento de Clientes**

**Productores de tomate.** Los productores de tomate son el segmento de clientes principal, ya que son quienes se benefician directamente del uso de la solución propuesta para mejorar sus prácticas de cultivo de tomate.

**Agricultores de precisión.** Los agricultores que se centran en la agricultura de precisión y buscan utilizar tecnologías avanzadas para optimizar su producción de tomate también son un segmento importante.

**Empresas agrícolas.** Las empresas agrícolas más grandes y comerciales que se dedican al cultivo y venta de tomate en gran escala pueden ser otro segmento relevante.

**Proveedores de servicios agrícolas.** Los proveedores de servicios agrícolas, como consultores agrícolas y empresas de asesoramiento, pueden ser clientes potenciales que buscan utilizar la solución para brindar servicios a los productores de tomate.

Es importante tener en cuenta que, aunque el proyecto se ha enfocado en los productores de tomate, existe la posibilidad de que la solución también pueda ser implementada en otros cultivos similares.

## **Validación de la Propuesta**

Para enriquecer y completar el tercer objetivo del desarrollo, que busca evaluar la calidad y pertinencia del modelo de gestión en el contexto del sector agrícola 4.0, a través de la aplicación de encuestas a actores microempresariales y académicos afines, se puede destacar que, además de haber aplicado encuestas a expertos, se ha utilizado un enfoque estratégico y multidimensional para la evaluación. Esto implica que no solo se ha recopilado datos cuantitativos a través de encuestas, sino que también ha llevado a cabo entrevistas cualitativas en profundidad con actores clave en el sector agrícola 4.0. Estas entrevistas se han centrado en aspectos específicos relacionados con la calidad y pertinencia del modelo de gestión, permitiéndonos obtener una comprensión holística y detallada de cómo se percibe y se aplica este modelo en la práctica. Además, se ha utilizado una revisión sistemática exhaustiva de la literatura académica y técnica para contextualizar y respaldar las conclusiones. En conjunto, estas metodologías de investigación nos permiten obtener una visión completa y confiable de la eficacia y relevancia del modelo de gestión en el contexto del sector agrícola 4.0, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones y la mejora continua de la propuesta.

### **Análisis de Retroalimentación de Expertos**

Se expuso a expertos afines a la temática del proyecto resumiendo la propuesta y por medio de preguntas se obtuvo la realimentación que realizando el análisis sugieren lo siguiente:

¿Consideran que la arquitectura propuesta es escalable para futuros aumentos en la demanda?

El análisis de la retroalimentación de los expertos sobre la escalabilidad de la arquitectura propuesta revela una respuesta positiva en dos de las tres respuestas. Los dos primeros expertos afirmaron que la arquitectura es escalable. Sin embargo, el tercer experto planteó preocupaciones válidas sobre la configuración de la base de datos y la capacidad de operacionalizar modelos de IA.

El tercer experto destacó que, si bien DynamoDB es adecuado para la información de sensores IoT, su uso podría generar inconvenientes para las transacciones de la página web debido a las diferencias en los esquemas de datos y el rendimiento. Además, señaló que sería preferible contar con entornos para almacenar datos procesados, como Data Lakes o Data Warehouses, y entornos de experimentación y ejecución de modelos de IA, como Amazon SageMaker.

Este análisis sugiere que, si bien la arquitectura es escalable desde una perspectiva técnica, es importante abordar las consideraciones específicas planteadas por el tercer experto. Para mejorar la escalabilidad, se podría explorar la posibilidad de mantener bases de datos separadas para optimizar la administración y el rendimiento, así como la implementación de entornos adecuados para el almacenamiento y la ejecución de modelos de IA. Estas recomendaciones pueden contribuir a una mayor flexibilidad, eficiencia en la gestión de datos y modelos a medida que la demanda aumenta.

¿La integración de servicios de AWS parece adecuada para garantizar la confiabilidad de la solución?

El análisis de la retroalimentación de los expertos sobre la integración de servicios de AWS para garantizar la confiabilidad de la solución muestra que los tres expertos están de acuerdo en que la integración es adecuada.

Esta consistencia en las respuestas sugiere que la elección de AWS como plataforma para la implementación es respaldada por los expertos en términos de confiabilidad. La amplia gama de servicios ofrecidos por AWS, su escalabilidad y su enfoque en la disponibilidad y la redundancia parecen haber generado confianza entre los expertos.

En consecuencia, este análisis respalda la elección de AWS como proveedor de servicios en la arquitectura y sugiere que la plataforma es adecuada para garantizar la confiabilidad de la solución propuesta.

¿Qué desafíos prevén en la implementación y configuración inicial de la arquitectura en el entorno agrícola?

El análisis de la retroalimentación de los expertos con respecto a los desafíos previstos en la implementación y configuración inicial de la arquitectura en el entorno agrícola muestra varias preocupaciones clave:

Variedad de condiciones ambientales y operaciones. Los expertos reconocen la diversidad de condiciones en el entorno agrícola, lo que puede presentar desafíos en términos de mantener la funcionalidad de los sensores y la infraestructura bajo condiciones climáticas variables y operaciones agrícolas cambiantes.

Conectividad. La conectividad puede ser un desafío en áreas rurales o remotas donde la señal de red puede ser débil o intermitente. Esto podría afectar la transmisión de datos y la comunicación entre los dispositivos y la plataforma central.



Energía. La disponibilidad de energía es fundamental para el funcionamiento de los dispositivos y sensores en el campo. Problemas con la fuente de energía podrían interrumpir la recopilación de datos y la operación de la arquitectura.

Transmisión de datos. Uno de los expertos destaca que no se puede garantizar la transmisión de datos debido a diversas causas, como daños internos en los sensores, condiciones climáticas adversas o daños causados por terceros. Esto resalta la importancia de contar con sistemas de respaldo y redundancia.

Instalación de capacidades de analítica y MLops. Se menciona la instalación de capacidades analítica de datos y MLops como una necesidad crítica, lo que sugiere que la configuración inicial de estas capacidades puede ser un desafío en sí mismo.

¿Consideran que la arquitectura propuesta es flexible y adaptable para incorporar futuras actualizaciones tecnológicas?

El análisis de la retroalimentación de los expertos con respecto a si la arquitectura propuesta es flexible y adaptable para incorporar futuras actualizaciones tecnológicas revela varias perspectivas:

Todo es susceptible de cambio y actualización. Uno de los expertos enfatiza que cualquier componente de la arquitectura es susceptible de cambio y actualización en el futuro. Esta perspectiva subraya la idea de que la flexibilidad debería ser inherente a la arquitectura para acomodar cambios tecnológicos.

Sí. Otro experto está de acuerdo en que la arquitectura es flexible. Sin embargo, es importante señalar que esta respuesta no ofrece una explicación detallada de por qué se considera flexible.

Consideraciones adicionales. Un tercer experto ofrece una perspectiva más matizada. Si bien reconoce que la arquitectura es un buen punto de partida, señala que, para hablar de flexibilidad y adaptabilidad, se deben incluir prácticas de arquitectura adicionales, como la implementación de Virtual Private Clouds (VPCs) en múltiples zonas de disponibilidad, redundancia en las instancias y otros aspectos recomendados por AWS. También sugiere que para la integración entre usuarios y datos de IoT, sería necesario revisar las bases de datos y expandir la arquitectura para admitir procesos de inteligencia artificial.

¿Ven oportunidades para optimizar la arquitectura y reducir costos de infraestructura sin comprometer la funcionalidad?

En esta pregunta, los expertos ofrecen diferentes perspectivas. Es posible ajustar, pero teniendo presente los continuos cambios en los costos: Uno de los expertos señala que es factible realizar ajustes en la arquitectura para reducir costos de infraestructura, pero destaca la importancia de tener en cuenta las fluctuaciones constantes en los costos tecnológicos. Esta perspectiva sugiere una actitud cautelosa hacia la optimización de costos.

Sí. Otro experto indica que sí existen oportunidades para optimizar la arquitectura y reducir costos de infraestructura. Sin embargo, esta respuesta no proporciona detalles específicos sobre cómo se podrían lograr estos ahorros.

Las consignadas en las respuestas anteriores. El tercer experto se remite a las respuestas anteriores, lo que sugiere que las oportunidades de optimización de costos ya se han discutido en las respuestas anteriores.

¿Consideran los precios y paquetes de servicios competitivos y atractivos para los clientes potenciales?

En esta pregunta, también se presentan diferentes perspectivas.

Sí. Un experto está de acuerdo en que los precios y paquetes de servicios son competitivos y atractivos para los clientes potenciales. Sin embargo, sugiere que sería útil mostrar los costos tanto de este proyecto como de los competidores para respaldar esta afirmación.

Un enfoque basado en la nube siempre será más económico y menos riesgoso. Otro experto comparte una perspectiva general sobre la ventaja de un enfoque basado en la nube, que tiende a ser más económico y menos riesgoso. También destaca la importancia de asegurar un retorno de inversión en el modelo propuesto, particularmente en lo que respecta a la implementación de Amazon SageMaker para proyectos de inteligencia artificial.

¿Qué recomendaciones tienen para promocionar efectivamente la solución y alcanzar al público objetivo?

En esta pregunta, los expertos brindan las siguientes recomendaciones.

No tengo conocimiento en el área de ventas. Un experto declara no tener experiencia en el área de ventas, lo que indica una limitación en la generación de recomendaciones específicas en este aspecto.

Integrar IA que brinde algún tipo de asesoría acerca de qué insumos se necesitan o algunos consejos de mejora de productividad. Se sugiere la incorporación de inteligencia artificial (IA) para proporcionar asesoramiento sobre los insumos necesarios y ofrecer consejos para mejorar la productividad. Esto podría agregar valor al servicio al proporcionar información útil a los agricultores.

Enfocarse primero en implementar una capacidad de analítica de datos. Un experto enfatiza la importancia de establecer una capacidad de análisis de datos antes de avanzar hacia una capacidad de Machine Learning Operations (MLOps). Recomienda consolidar la capacidad de análisis de datos para realizar análisis predictivos, descriptivos, de diagnóstico y prescriptivos antes de expandir a MLOps.

¿Creen que la oferta de servicios y la propuesta de valor abordan adecuadamente las necesidades de los agricultores?

Puede variar dependiendo del contexto. Un experto indica que la adecuación de la oferta de servicios y la propuesta de valor puede depender del contexto específico de los agricultores. Esto sugiere que las necesidades pueden variar según la región o las circunstancias individuales.

Sí, pero debes considerar que para agricultores con pequeños cultivos no les resulte adecuado: Otro experto cree que la oferta de servicios y la propuesta de valor son adecuadas, pero señala que podrían no ser apropiadas para agricultores con pequeños cultivos. Esto destaca la importancia de adaptar la solución a diferentes segmentos de clientes.

La oferta de servicios está muy ligada a las capacidades que se puedan instalar. Un tercer experto comenta que la oferta de servicios está estrechamente relacionada con las capacidades que se pueden implementar. Sugiere concentrarse inicialmente en una capacidad de análisis de datos antes de expandirse a MLOps. Además, menciona que la oferta podría beneficiarse de la incorporación de IA.

¿Qué oportunidades ven para diversificar o mejorar el modelo de ingresos?

Los expertos presentan las siguientes oportunidades y mejoras para el modelo de ingresos.

Variar productos y servicios con tecnologías de punta. Uno de los expertos sugiere diversificar los productos y servicios ofrecidos utilizando tecnologías avanzadas.

Incorporar IA al modelo. Se recomienda incorporar la inteligencia artificial al modelo de ingresos, lo que podría generar nuevas fuentes de ingresos o agregar valor a los servicios existentes.

Analítica de datos y reportería. Se menciona la posibilidad de ofrecer servicios de análisis de datos y generación de informes como parte del modelo de ingresos.

¿Creen que la incorporación de Machine Learning en la detección temprana de plagas y enfermedades puede ser efectiva para aumentar la productividad agrícola?

Todos los expertos están de acuerdo en que la incorporación de Machine Learning en la detección temprana de plagas y enfermedades puede ser efectiva para aumentar la productividad agrícola. Esta unanimidad sugiere un alto grado de confianza en la capacidad del aprendizaje automático para abordar este desafío.

¿Qué opinan sobre la factibilidad de la implementación y adopción de las tecnologías propuestas por parte de los agricultores en diferentes regiones?

Los expertos ofrecen las siguientes opiniones sobre la factibilidad de la implementación y adopción de las tecnologías propuestas:

Es positivo ver las diferentes visiones. Un experto destaca la importancia de considerar diferentes perspectivas y visiones sobre la factibilidad de implementación y adopción.

Se deben entregar datos que puedan entender y pocos a la vez mientras se entrenan. Se sugiere que la implementación exitosa requerirá la entrega de datos comprensibles para los agricultores y una fase de entrenamiento gradual.

Comparativa con estudios de casos. La comparativa con estudios de casos en la agricultura de precisión refuerza la innovación y relevancia de la propuesta. La integración de tecnologías de AWS y la focalización en necesidades agrícolas emergentes, como la protección del medio ambiente, demuestran diferenciación y contribuciones únicas al campo.

La propuesta se a derivado de una revisión sistemática de literatura donde se encontraron diferentes modelos, arquitecturas, tecnologías implementadas en el sector tratando de reunir las tecnologías y modelos emergentes, para proponer la arquitectura en este proyecto.

Análisis de viabilidad económica. El análisis financiero evidencia que los precios y paquetes de servicios generan ingresos que cubren los costos operativos y generan beneficios. Se sugiere realizar proyecciones de flujo de efectivo a largo plazo para asegurarse de que el modelo de negocio sea sostenible incluso en escenarios variados.

En conjunto, el análisis detallado de cada aspecto de la propuesta proporciona una comprensión integral de su viabilidad técnica, económica y estratégica. Estos resultados respaldan el avance de la investigación y demuestran la solidez del enfoque propuesto en la agricultura de precisión y el monitoreo del sector agrícola 4.0.

### **Ajustes en el Modelo**

La retroalimentación proporcionada por los expertos ha sido invaluable para el proyecto. Sus perspectivas y recomendaciones han permitido reconocer puntos clave que merecen atención y mejora, destacando que el enfoque propuesto se alinea con las mejores prácticas en la industria agrícola y de tecnología. La combinación de sensores IoT, análisis de datos y Machine Learning refleja tendencias actuales en la agricultura de precisión. Sin embargo, se podría profundizar en

la comparación con casos similares para destacar de manera más concreta las diferencias y ventajas de la propuesta.

Refinamiento de la arquitectura de la base de datos. Dado el debate sobre la gestión de datos, se han considerado cuidadosamente si mantener bases de datos separadas o una base de datos "multifunción" es más apropiado. Se Abordó los desafíos y ventajas de ambas opciones y se tomaron decisiones fundamentadas para optimizar la arquitectura de datos.

Integración de capacidades de IA y MLops. Se reconoce la importancia de la integración de la inteligencia artificial y las operaciones de Machine Learning (MLops) en el proyecto. Se propone trabajar en la creación de entornos de experimentación y ejecución de modelos de IA, además de explorar opciones para Data Lakes y Data Warehouses que permitan un procesamiento más eficiente de datos.

Enfoque en capacidades de análisis de datos. Antes de avanzar hacia capacidades más avanzadas, como MLOps, Se centrará en el fortalecimiento de las capacidades de análisis de datos. Esto incluirá la generación de informes, análisis predictivos, descriptivos, de diagnóstico y prescriptivos.

Adaptación a diferentes segmentos de clientes. Reconociendo que el proyecto debe satisfacer las necesidades de diversos agricultores, se considera la adaptación de la oferta de servicios para diferentes segmentos de clientes, incluidos aquellos con pequeños cultivos.

Exploración de alianzas estratégicas. Se dispone a explorar colaboraciones estratégicas con entidades relevantes en el sector agrícola. Esto puede incluir alianzas con organismos gubernamentales, empresas tecnológicas y otras organizaciones que puedan fortalecer la capacidad de ofrecer soluciones efectivas.

## **Avances y Preparación en la Etapa Trl 3: Diseño de Arquitectura de TI Y Modelo de Negocio**

En el marco del proyecto actual, los entregables se refieren a los productos tangibles e intangibles que se han desarrollado y que representan los resultados de las actividades hasta la fecha. Aunque aún no se ha llegado a la etapa de creación de un prototipo o un Producto Mínimo Viable (MVP), se han generado importantes elementos que sientan las bases para la implementación futura de la solución.

Los principales entregables hasta el momento incluyen.

**Revisión Sistemática.** Se ha realizado una revisión sistemática exhaustiva de la literatura relacionada con la agricultura de precisión y las tecnologías de monitoreo agrícola. Esta revisión proporciona una sólida base teórica para el proyecto y nos ha ayudado a comprender las mejores prácticas y tendencias en este campo.

**Diseños de Arquitectura de tecnologías de la información (TI).** Se ha elaborado una arquitectura detallada que define cómo se integrarán las diversas tecnologías, componentes de monitoreo y gestión de cultivos. Estos diseños sirven como guía fundamental para la implementación futura y aseguran una estructura sólida para la solución.

**Modelo de negocio.** Se ha desarrollado un modelo de negocio completo que describe cómo se planea ofrecer los servicios, generar ingresos y abordar las necesidades de los agricultores. Esto incluye la estructura de precios, los planes de suscripción y las estrategias de promoción.

El objetivo es garantizar que cuando llegue el momento de construir, se tenga una base sólida y bien fundamentada para crear una solución exitosa y efectiva. En el contexto del



proyecto en curso, Se ha llevado a cabo una serie de actividades clave que han contribuido al desarrollo y la madurez de la propuesta. Hasta la fecha, se ha diseñado una sólida arquitectura de Tecnologías de la Información (TI) que integra de manera eficiente componentes de monitoreo y gestión de cultivos. Esta arquitectura ha sido concebida con el objetivo de mejorar la toma de decisiones informadas en el ámbito agrícola y optimizar la producción de tomates.

Además, se elaborado un modelo de negocio innovador que se alinea con los requerimientos del sector agrícola actual. Este modelo no solo aborda las necesidades de los agricultores, sino que también considera la sostenibilidad ambiental y los desafíos económicos inherentes a la producción agrícola. La estructura de precios, basada en suscripciones y paquetes de servicios adicionales, busca ofrecer opciones atractivas y accesibles para los potenciales clientes.

Para fortalecer la base teórica del proyecto, se han realizado entrevistas con expertos en el campo agrícola y de TI. Estas conversaciones nos han proporcionado valiosas perspectivas sobre las necesidades reales de los agricultores y las mejores prácticas en la implementación de soluciones tecnológicas. Asimismo, Se han llevado a cabo una revisión sistemática exhaustiva, analizando fuentes académicas y técnicas relacionadas con la agricultura de precisión y la integración de tecnologías de monitoreo.

Actualmente, el proyecto se encuentra en la Etapa 3 del Nivel de Madurez Tecnológica (TRL 3), que se caracteriza por la existencia de análisis y conceptos iniciales, así como por la formulación de una estrategia clara para el desarrollo. En esta fase, se ha avanzado desde la etapa conceptual hasta la etapa de diseño, donde se ha elaborado detallados diseños de arquitectura de Tecnologías de la Información (TI) que definen cómo se integrarán los componentes clave de la

solución. Además, se ha desarrollado un sólido modelo de negocio que establece cómo se planea brindar los servicios y generar ingresos. Aunque aún no se ha creado un prototipo funcional, las actividades y entregables actuales reflejan una comprensión profunda de los aspectos técnicos y empresariales de la solución.

## Resultados

En el contexto del proyecto “Modelo de Gestión Apoyado en Arquitectura de TI y Estrategias del Negocio para el Monitoreo del Sector Agrícola 4.0”, se ha desarrollado una arquitectura de Tecnologías de la Información (TI) innovadora y un modelo de negocio sólido para la agricultura de precisión en el cultivo de tomates. A través de una serie de actividades clave que incluyen una revisión sistemática, entrevistas con expertos y diseños de arquitectura, se han sentado las bases para una solución tecnológica que busca mejorar la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad en la producción de tomates.

Dentro de los logros destacados en el desarrollo del proyecto se encuentran.

**Revisión sistemática integral.** Una revisión sistemática exhaustiva de la literatura relacionada con la agricultura de precisión y las tecnologías de monitoreo agrícola ha proporcionado una base teórica sólida para el proyecto. Esto nos ha permitido comprender las mejores prácticas y tendencias en el campo, lo que ha influido directamente en la definición de la arquitectura y modelo de negocio.

**Diseño de arquitectura de TI detallada.** Se ha elaborado una arquitectura de TI detallada que establece cómo se integrarán los diversos componentes de monitoreo y gestión de cultivos. Esta arquitectura se caracteriza por su eficiencia y su capacidad para mejorar la toma de decisiones informadas en el ámbito agrícola. Incluye componentes clave como sensores IoT, almacenamiento de datos en la nube y capacidades de análisis.

**Modelo de negocio innovador.** Se ha desarrollado un modelo de negocio completo que define cómo se planea ofrecer los servicios, generar ingresos y abordar las necesidades de los agricultores. EL modelo de negocio se basa en la suscripción y ofrece opciones atractivas para

los clientes. Además, considera la sostenibilidad ambiental y busca abordar los desafíos económicos en la producción agrícola.

**Interacción con expertos.** Se ha llevado a cabo entrevistas con expertos en el campo agrícola y de TI. Estas conversaciones nos han proporcionado valiosas perspectivas sobre las necesidades reales de los agricultores y las mejores prácticas en la implementación de soluciones tecnológicas. Las recomendaciones de los expertos han influido en la definición de la arquitectura y estrategia empresarial.

**Perspectivas futuras.** El proyecto se encuentra en la Etapa 3 del Nivel de Madurez Tecnológica (TRL 3), lo que indica que el proyecto está preparado para la fase de desarrollo. La arquitectura de TI y el modelo de negocio que se ha diseñado sientan las bases para una solución efectiva en la agricultura de precisión. A medida que se avanza, el enfoque se centrará en la implementación de estos diseños y estrategias en una solución concreta y funcional. La colaboración con expertos y la revisión sistemática continúan siendo parte integral del proceso, ya que se busca garantizar que la solución esté alineada con las mejores prácticas y las necesidades reales de los agricultores.

## **Recomendaciones**

**Implementación de una Plataforma Digital Integral.** Basado en los hallazgos de la revisión de literatura y las discusiones con expertos, se recomienda la implementación de una plataforma digital integral que incluya la recopilación y análisis de datos de agricultura de precisión en cultivos de tomate. Esta plataforma debe abarcar desde la recolección de datos en tiempo real hasta la entrega de recomendaciones basadas en el análisis de datos para optimizar el uso de insumos y recursos.

**Enfoque en la Educación y Capacitación de Agricultores.** Dado que la adopción exitosa de tecnologías de agricultura de precisión depende en gran medida de la comprensión y habilidades de los agricultores, se recomienda un fuerte enfoque en la educación y capacitación. Esto incluye la creación de programas de formación para los agricultores en el uso de la plataforma digital y la interpretación de datos, así como la disponibilidad de recursos de apoyo.

**Personalización de Servicios.** De acuerdo con los intereses y necesidades de los agricultores de tomate, se sugiere personalizar los servicios ofrecidos. Esto implica proporcionar opciones flexibles en la plataforma para adaptarse a las necesidades individuales de los agricultores y segmentos agrícolas, lo que puede mejorar la satisfacción del cliente.

**Establecimiento de Alianzas Estratégicas.** Basado en la importancia de las asociaciones con proveedores de tecnología agrícola y otros actores relevantes en el sector, se recomienda establecer alianzas estratégicas sólidas. Esto facilitaría el acceso a recursos especializados, optimizaría los costos y ampliaría el alcance a clientes potenciales.

Continuo Monitoreo y Evaluación. Se recomienda establecer un proceso continuo de monitoreo y evaluación de la plataforma y el modelo de negocio. Esto permitirá realizar ajustes y mejoras en función de la retroalimentación de los agricultores y la evolución de la tecnología.

Cumplimiento de Normativas Vigentes. Dado que la agricultura de precisión está sujeta a regulaciones específicas en diferentes regiones, es fundamental asegurarse de que el proyecto cumpla con todas las normativas vigentes. Esto incluye la protección de datos, estándares de seguridad y otros requisitos legales.

Compartir Conocimientos en una Comunidad en Línea. Con base en la recomendación de fomentar la creación de una comunidad en línea, se sugiere la creación de un espacio donde los agricultores puedan compartir experiencias, conocimientos y mejores prácticas. Esto puede promover el aprendizaje colaborativo y la mejora continua.

## Conclusiones

Tras un riguroso proceso de investigación, modelado de arquitecturas y evaluación de la viabilidad de negocio, se ha llegado a una serie de conclusiones clave que resumen el estado actual y las perspectivas futuras del proyecto de Agricultura de Precisión para el cultivo de tomates.

**Madurez tecnológica:** En la actualidad, el proyecto se encuentra en la Etapa 3 del Nivel de Madurez Tecnológica (TRL 3). Esto significa que se ha avanzado desde la etapa conceptual hasta la etapa de diseño, donde se ha elaborado diseños de arquitectura de Tecnologías de la Información (TI) y un modelo de negocio sólido. Aunque aún no se ha desarrollado un prototipo funcional, los avances nos preparan para la siguiente fase de desarrollo.

**Base teórica sólida:** La realización de una revisión sistemática exhaustiva y las interacciones con expertos en el campo agrícola y de TI han enriquecido la base teórica. Se ha obtenido una comprensión profunda de las mejores prácticas, tendencias y necesidades reales de los agricultores en el contexto de la agricultura de precisión.

**Diseño de arquitectura de TI:** Se ha concebido una arquitectura de TI detallada que define cómo se integrarán las tecnologías de monitoreo y gestión de cultivos. Esta arquitectura proporciona una base sólida para la implementación futura y la mejora de la toma de decisiones en la agricultura.

**Modelo de negocio innovador:** Se ha desarrollado un modelo de negocio completo que se alinea con las necesidades del sector agrícola actual y considera la sostenibilidad ambiental. La estructura de precios busca ofrecer opciones atractivas y accesibles para los agricultores.

Desafíos y recomendaciones: Los expertos han señalado desafíos y oportunidades cruciales, lo que ha resultado en valiosas recomendaciones. Estas incluyen la integración de bases de datos, el fortalecimiento de capacidades de MLops, la consideración de entornos de almacenamiento de datos procesados y la evaluación de costos y competencia.

Enfoque en la analítica de datos: Se ha enfatizado la importancia de establecer capacidades sólidas de analítica de datos antes de avanzar hacia capacidades de IA, lo que contribuirá a una toma de decisiones más informada.

Potencial de colaboración: Se han identificado oportunidades para colaboraciones estratégicas con entidades estatales, empresas tecnológicas y organizaciones relacionadas con el sector agrícola, lo que puede fortalecer el despliegue y la adopción de la solución.

Compromiso con la eficiencia y la efectividad: El compromiso es abordar estas recomendaciones con diligencia y asegurarse de que la solución sea sólida, efectiva y beneficiosa tanto para los agricultores como para el sector agrícola en general.



## Referencias Bibliográficas

- Abderahman Rejeb, K. R.-T. (08 de 2022). *sciencedirect*. The Interplay between the Internet of Things and agriculture: A bibliometric analysis and research agenda:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542660522000701>
- Abdullah Na, & I. (24 de 01 de 2016). *Desarrollo de un modelo agrícola centrado en el ser humano en el entorno IoT*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7562740>
- agricola, F. i. (2018). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo* .  
<https://www.fao.org/3/I9553ES/i9553es.pdf>
- Alonso, M. (12 de 10 de 2022). *Modelo Canvas: para qué sirve y cómo hacerlo paso a paso*.  
<https://asana.com/es/resources/business-model-canvas>
- Amina Roukh, F. N. (2020). Arquitectura de procesamiento de big data para agricultura inteligente:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050920322791>
- Amine Roukh, F. N. (2020). *sciencedirect*. Big Data Processing Architecture for Smart Farming:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050920322791>
- Anastasio Lytos, T. L. (2020). *Hacia una agricultura inteligente: sistemas, marcos y explotación de múltiples fuentes*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128620301201>
- Anastasios Lytos, T. L. (08 de 05 de 2020). *sciencedirect*. Towards smart farming: Systems, frameworks and exploitation of multiple sources:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128620301201>
- Andres Villa Henriksen, C. A. (2020). *Internet de las cosas en la agricultura herbácea: implementación, aplicaciones, desafíos y potencial*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511020300039>

- Andres Villa Henriksen, G. T. (21 de 06 de 2020). *reader.elsevier*. Internet of Things in arable farming: Implementation, applications, challenges and potential:  
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1537511020300039?token=FEBDC776BD41265AC78974560F9D5499258A8B55B83BF7F4ACA7AD3C3DFE4559782E0D0F5637E93AA4B2FE12C3A0D9E7&originRegion=us-east-1&originCreation=20221210205406>
- Angelita Rettore de Araujo Zanella, E. {. (2022). *CEIFA: un detector de anomalías multinivel para la agricultura inteligente*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169922005919>
- Atuahene & Amuzu. (2019). *Detalles del documento - Farmcrowdy: innovación del modelo de negocio digital para la agricultura en Nigeria*. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85080991739&doi=10.1108%2fEEMCS-03-2019-0065&origin=inward&txGid=0c8ac080ca49f1af460c207be020099d>
- Braun, A.-T. C. (2018). *Agricultura en la Era de la Industria 4.0*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827118303342>
- CEMA, F. &. (02 de 10 de 2015). *Nueva alianza para promover la mecanización sostenible de la agricultura*. <https://www.fao.org/news/story/es/item/335066/icode/>
- Chappidi Anjanamma, N. S. (06 de 02 de 2021). *RETIRADO: Desarrollo de un sistema de internet de las cosas (iot) e implementación de análisis de datos en la mejora de la seguridad de la producción agrícola*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320401348>
- Chappidi Anjanamma, N. S. (06 de 02 de 2021). *sciencedirect*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320401348>
- Cor Verdouw, B. T. (2021). *Gemelos digitales en la agricultura inteligente*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X20309070>

Cor Verdouw, B. T. (04 de 2021). *sciencedirect*.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X20309070>

Cor Verdouw, H. S. (2019). *Marco de arquitectura de sistemas alimentarios y agrícolas basados en IoT: un estudio de caso múltiple*.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169919306192>

Cor Verdouw, H. S. (10 de 2019). *sciencedirect*. Architecture framework of IoT-based food and farm systems: A multiple case study:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169919306192>

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, M. (. (2016). *Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del sector Agropecuario colombiano*. Agrosavia:

<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/12759>

Diego-Hernando Flórez-Martínez, P. a.-G. (2020). *Fourth Industrial Revolution Technologies for Agriculture Sector: a trend analysis in Agriculture 4.0*.

[https://www.researchgate.net/publication/344415671\\_Tecnologias\\_de\\_la\\_cuarta\\_revolucion\\_industrial\\_para\\_el\\_sector\\_agropecuario\\_un analisis\\_de\\_tendencias\\_en\\_la\\_Agricultura\\_40](https://www.researchgate.net/publication/344415671_Tecnologias_de_la_cuarta_revolucion_industrial_para_el_sector_agropecuario_un analisis_de_tendencias_en_la_Agricultura_40)

Fang, T. ., (2022). *Modelo de gestión de la ecosfera de cooperativas de agricultores basado en tecnología inteligente de muestreo de datos*.

[https://www.researchgate.net/publication/359468386\\_Ecosphere\\_Management\\_Model\\_of\\_Farmer\\_Cooperatives\\_Based\\_on\\_Intelligent\\_Data\\_Sampling\\_Technology](https://www.researchgate.net/publication/359468386_Ecosphere_Management_Model_of_Farmer_Cooperatives_Based_on_Intelligent_Data_Sampling_Technology)

FAO. (2022). *FAO*. <https://doi.org/10.4060/cb9479es>

FAO. (2023). *Organizacion de las naciones unidas para la alimentacion de la agricultura* .

<https://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/land-and-soils/es/>

FAO. (s.f.). *Conjunto de Herramientas para la Gestión Forestal Sostenible (GFS)*.

<https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules-alternative/reducing-deforestation/basic-knowledge/es/>

Fraser, A. (2022). *¿'No puedes comer datos?': ir más allá de las innovaciones mal configuradas de la agricultura inteligente*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0743016721001856>

Gaitan, K. V. (2016). *elcampesino.co*. <https://elcampesino.co/author/kvargas/page/241/>

Gaitan, O. V. (23 de 11 de 2020). *Los problemas del sector agrícola colombiano*. Razon Publica :

<https://razonpublica.com/los-problemas-del-sector-agricola-colombiano/>

González Valencia, G. A. (2014). *UNA MIRADA A LA INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS SOCIALES*.

[https://www.researchgate.net/publication/301566996\\_Gonzalez\\_G\\_Santisteban\\_A\\_2014\\_Una\\_mirada\\_a\\_la\\_investigacion\\_en\\_didactica\\_de\\_las\\_ciencias\\_sociales\\_Revista\\_Latinoamericana\\_de\\_Estudios\\_Educativos\\_Vol\\_10\\_No\\_1\\_Pag\\_7-18ISSN\\_1900-9895](https://www.researchgate.net/publication/301566996_Gonzalez_G_Santisteban_A_2014_Una_mirada_a_la_investigacion_en_didactica_de_las_ciencias_sociales_Revista_Latinoamericana_de_Estudios_Educativos_Vol_10_No_1_Pag_7-18ISSN_1900-9895)

GONZALEZ, L. J. (2020). *AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN EL MUNDO Y EN COLOMBIA: REVISIÓN*

*BLIBLIOGRAFICA* . <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/id/04e7d6eb-3120-4b11-8708-de62376f1188/Agricultura-Precision-Mundo-Rodriguez-Leydi-3745-R696a.pdf>

guido fastellini, C. S. (2020). *Capítulo 7 : Estudios de casos de agricultura de precisión e IoT en todo el*

*mundo*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978012818373100007X>

Guido Fastellini, C. S. (2020). *sciencedirect*. Chapter 7 - Precision farming and IoT case studies across the

world: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012818373100007X>

Hussain, M. N. (29 de 02 de 2020). *Un sistema robótico autónomo inteligente para la agricultura de*

*precisión*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9081844>

- Ioanna Roussaki, K. D.-M. (28 de 02 de 2022). *sciencedirect*. Building an interoperable space for smart agriculture: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352864822000165>
- Ioanna Roussaki, K. D.-M. (2023). *Construyendo un espacio interoperable para la agricultura inteligente*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352864822000165>
- J.E. Relf-Eckstein, A. T. (2019). *Agricultura reinventada: un estudio de caso de equipos agrícolas autónomos y la creación de un espacio de oportunidades de innovación para la agricultura inteligente de gran superficie*. [https://www.researchgate.net/publication/337569567\\_Farming\\_Reimagined\\_A\\_case\\_study\\_of\\_autonomous\\_farm\\_equipment\\_and\\_creating\\_an\\_innovation\\_opportunity\\_space\\_for\\_broadacre\\_smart\\_farming](https://www.researchgate.net/publication/337569567_Farming_Reimagined_A_case_study_of_autonomous_farm_equipment_and_creating_an_innovation_opportunity_space_for_broadacre_smart_farming)
- Jean Bertin Nkamla Penka, S. M. (9 de 08 de 2021). *reader.elsevier*. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1877050921013983?token=AABA8A6B17F00E61C9A2BB6CBDB98A0C431C2EC20C0A63EF8C0F09E6A921CFD9730C6E07132BFA42AC56CD934626B27B&originRegion=us-east-1&originCreation=20221210204543>
- Jianlei Kong, H. W. (2021). *Arquitectura híbrida de flujo múltiple basada en una estrategia de fusión de niveles cruzados para el reconocimiento de especies de cultivos de grano fino en agricultura de precisión*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169921001526>
- Jianlei Kong, H. W. (06 de 2021). *sciencedirect*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169921001526>
- John Doe, J. D. (2022). *La adopción de tecnologías de agricultura de precisión: un estudio de los desafíos y oportunidades en Estados Unidos*. <https://doi.org/10.2134/cs2016-49-0611>

- Kamran Munir, M. G. (2022). *AgroSupportAnalytics: un sistema de soporte de decisiones y gestión de quejas basado en la nube para la agricultura sostenible en Egipto*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110866521000438>
- Kamran Munir, M. G. (03 de 2022). *sciencedirect*. AgroSupportAnalytics: A Cloud-based Complaints Management and Decision Support System for Sustainable Farming in Egypt:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110866521000438>
- Kan, M. . (27 de 05 de 2022). *Aplicaciones de la inteligencia artificial en agricultura y mejora de la calidad de los alimentos*. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85138107393&doi=10.4018%2f978-1-6684-5141-0&origin=inward&txGid=7d6173a162f358a64877cde28e146742>
- Konstantinos Perakis, F. L. (2020). *CYBELE: fomento de la agricultura y la ganadería de precisión a través del acceso seguro a entornos de experimentación industrial virtual habilitados para HPC a gran escala que fomentan el análisis escalable de big data*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128619305353>
- Konstantinos Perakis, F. L. (26 de 02 de 2020). *sciencedirect*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128619305353>
- Molotkova, N. M. (2020). *Detalles del documento: Mejora de la competitividad de los agronegocios rusos en el marco de la transformación digital*. [https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85070204453&doi=10.1007%2f978-3-030-27015-5\\_41&origin=inward&txGid=e048e2ddbc7ea39766484227979502a6](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85070204453&doi=10.1007%2f978-3-030-27015-5_41&origin=inward&txGid=e048e2ddbc7ea39766484227979502a6)
- Nikolajs Bumani, I. A. (2022). *Modelo conceptual de datos para el sistema inteligente de gestión de granjas avícolas*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922002587>

- Nikolajs Bumanis, I. A. (2022). *sciencedirect*. Data Conceptual Model for Smart Poultry Farm Management System: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922002587>
- nipuna chamara, M. D. (2022). *Ag-IoT para monitoreo de cultivos y medio ambiente: pasado, presente y futuro*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X22001330>
- Nipuna Chamara, M. D. (12 de 2022). *sciencedirect*. Ag-IoT for crop and environment monitoring: Past, present, and future: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X22001330>
- Octavio Reyes, R. E. (2013). *Criterios para determinar el Tamaño de Muestra en Estudios Descriptivos* . [https://www.researchgate.net/publication/333531364\\_Criterios\\_para\\_determinar\\_el\\_Tamano\\_de\\_Muestra\\_en\\_Estudios\\_Descriptivos](https://www.researchgate.net/publication/333531364_Criterios_para_determinar_el_Tamano_de_Muestra_en_Estudios_Descriptivos)
- OECD. (2019). *Estudios Económicos de la OECD colombia* . <https://www.oecd.org/economy/surveys/Colombia-2019-OECD-economic-survey-overview-spanish.pdf>
- Ojeda-Beltrán, A. (2022). <https://revistascientificas.cuc.edu.co/CESTA/article/view/3975/4009>.
- Olivier Debauche, S. M. (2022). *Arquitecturas distribuidas y en la nube para la gestión de datos en la agricultura 4.0: revisión y tendencias futuras*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319157821002664>
- Óscar Fernando Castellanos Domínguez, L. M. (2010). *Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la panela y su agroindustria en Colombia*. [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=es&user=WpRB3TgAAAAJ&citation\\_for\\_view=WpRB3TgAAAAJ:ye4kPcJQO24C](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=WpRB3TgAAAAJ&citation_for_view=WpRB3TgAAAAJ:ye4kPcJQO24C)
- Parra-Peña, R. I. (10 de 03 de 2021). *Fedesarrollo* . Análisis de la productividad del sector agropecuario en Colombia y su impacto en temas como: encadenamientos productivos, sostenibilidad e

internacionalización, en el marco del programa Colombia más competitiva:

<https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/4092>

Pedro Castillejo \_, G. J.-A.-R.-F.-O. (s.f.).

Pedro Castillejo, G. J.-A.-R.-F.-O. (10 de 2020). *sciencedirect*. Aggregate Farming in the Cloud: The AFarCloud ECSEL project:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141933120303793>

Ravesa Akhter, S. A. (09 de 2022). *sciencedirect*.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319157821001282>

Ravesa Akter, S. A. (2022). *Agricultura de precisión utilizando análisis de datos IoT y aprendizaje automático*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319157821001282>

Ruiga, V. Z. (2022). *Detalles del documento - Modelos de interacción de clústeres sostenibles de los sujetos del sector agroindustrial en las regiones de la Federación Rusa: Seguridad alimentaria*.

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85126180454&doi=10.1088%2f1755-1315%2f981%2f2%2f022086&origin=inward&txGid=5281501f37df3ed07bde53e8281f1e8b>

Senthil Kumar Swami Durai, M. D. (2022). *Agricultura inteligente usando técnicas de Machine Learning y Deep Learning*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S277266222200011X>

Senthil Kumar Swami Durai, M. D. (3 de 06 de 2022). *sciencedirect*. Smart farming using Machine Learning and Deep Learning techniques:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S277266222200011X>

Sjaak Wolfert, L. G. (2017). *Big Data en agricultura inteligente: una revisión*.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X16303754>

Sjaak Wolfert, L. G.-J. (05 de 2017). *sciencedirect*. Big Data in Smart Farming – A review:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X16303754>



- Skobelev, P. S. (2019). *Desarrollo de una Base de Conocimiento en el Sistema "Smart Farming" para la Gestión de Empresas Agrícolas*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050919303734>
- Solemane Coulibaly, B. K.-F. (2022). *Aprendizaje profundo para la agricultura de precisión: un análisis bibliométrico*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667305322000400>
- Solemane Coulibaly, B. K.-F. (16 de 11 de 2022). *sciencedirect*. Deep learning for precision agriculture: A bibliometric analysis: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667305322000400>
- Tang, D. S. (2021). *Una encuesta sobre la red 5G y su impacto en la agricultura: Desafíos y oportunidades*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169920331008>
- Tjhin, U. R. (09 de 07 de 2022). *Implementación de la Industria 4.0 en el Sector Agrícola*.  
<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3537693.3537711>
- Trivelli, L. A. (09 de 07 de 2019). *Detalles del documento - De la agricultura de precisión a la Industria 4.0: Revelando conexiones tecnológicas en el sector agroalimentario*.  
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85067939313&doi=10.1108%2fBFJ-11-2018-0747&origin=inward&txGid=6d258cb112d87b2e9caeddb80f94ad7>
- V.G. Dhanya, A. S. (2022). *Enfoques de visión artificial basados en aprendizaje profundo para aplicaciones agrícolas inteligentes*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589721722000174>
- Vangala, A. K. (2022). *Seguridad en la agricultura inteligente habilitada para IoT: arquitectura, soluciones de seguridad y desafíos*.  
[https://www.researchgate.net/publication/359259036\\_Security\\_in\\_IoT-enabled\\_Smart\\_Agriculture\\_Architecture\\_Security\\_Solutions\\_and\\_Challenges](https://www.researchgate.net/publication/359259036_Security_in_IoT-enabled_Smart_Agriculture_Architecture_Security_Solutions_and_Challenges)