



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE  
SISTEMAS**

Aplicativo web para el proceso de fertilización de cultivos del  
área de producción de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero de Sistemas**

**AUTOR:**

Villanueva Phun, Rodolfo Hugo Hernan ([orcid.org/0000-0003-4945-2158](https://orcid.org/0000-0003-4945-2158))

**ASESOR:**

Mg. Pacheco Pumaleque, Alex Abelardo ([orcid.org/0000-0001-9721-0730](https://orcid.org/0000-0001-9721-0730))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas de Información y Comunicaciones

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**LIMA - PERÚ**

**2023**

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo con todo mi amor y gratitud a mi querida abuela Estela. Su presencia ha sido mi roca, su sabiduría mi guía y su amor mi mayor fortaleza. A través de los años, has sido mi inspiración constante, mostrándome la importancia de la paciencia, la dedicación y el amor incondicional.

### **Agradecimiento**

Agradezco a todos los involucrados en el proyecto y especialmente a Balu Seeds SAC por proporcionar los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación. Su inversión en la innovación y el desarrollo ha sido un catalizador clave para el progreso de este proyecto.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, PACHECO PUMALEQUE ALEX ABELARDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA DE SISTEMAS de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Aplicativo web para el proceso de fertilización de cultivos del área de producción de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023.", cuyo autor es VILLANUEVA PHUN RODOLFO HUGO HERNAN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 21 de Marzo del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
ALEX ABELARDO PACHECO PUMALEQUE <b>DNI:</b> 41651279 <b>ORCID:</b> 0000-0001-9721-0730	Firmado electrónicamente por: AAPACHECOP el 21- 03-2024 13:48:21

Código documento Trilce: TRI - 0740817





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, VILLANUEVA PHUN RODOLFO HUGO HERNAN estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA DE SISTEMAS de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Aplicativo web para el proceso de fertilización de cultivos del área de producción de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023.", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
VILLANUEVA PHUN RODOLFO HUGO HERNAN <b>DNI:</b> 70267691 <b>ORCID:</b> 0000-0003-4945-2158	Firmado electrónicamente por: RHHVILLANUEVA el 02- 04-2024 15:48:56

Código documento Trilce: INV - 1551157



## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor.....	iv
Declaratoria de Originalidad de los Autores.....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	ix
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y Operacionalización.....	12
3.3. Población, muestra y muestreo.....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.5. Procedimientos.....	17
3.6. Método de análisis de datos.....	18
3.7. Aspectos éticos.....	18
IV. RESULTADOS.....	20
V. DISCUSIÓN.....	27
VI. CONCLUSIONES.....	38
VII. RECOMENDACIONES.....	39
REFERENCIAS.....	40
ANEXOS.....	54

## Índice de tablas

Tabla 1. Operacionalización de la variable dependiente .....	14
Tabla 2. Población de estudio .....	15
Tabla 3. Ficha técnica de instrumento.....	16
Tabla 4. Expertos que legitimaron los instrumentos de recolección .....	17
Tabla 5. Medidas descriptivas del indicador TRAF.....	20
Tabla 6. Medidas descriptivas del indicador TPFA.....	21
Tabla 7. Test de normalidad del TRAF.....	22
Tabla 8. Test de normalidad del TPFA.....	23
Tabla 9. Rangos del indicador TRAF .....	24
Tabla 10. Estadísticos de contraste del TRAF .....	24
Tabla 11. Rangos del indicador TPFA.....	25
Tabla 12. Estadísticos de contraste del TPFA.....	26
Tabla 13. Comparación de metodologías de desarrollo de software.....	71
Tabla 14. Plan de lanzamiento .....	74
Tabla 15. Historia de usuario del PBI-01 .....	78
Tabla 16. Historia de usuario del PBI-02 .....	79
Tabla 17. Historia de usuario del PBI-03 .....	79
Tabla 18. Historia de usuario del PBI-04 .....	79
Tabla 19. Historia de usuario del PBI-05 .....	80
Tabla 20. Historia de usuario del PBI-06 .....	80
Tabla 21. Historia de usuario del PBI-07 .....	80
Tabla 22. Historia de usuario del PBI-08 .....	81
Tabla 23. Historia de usuario del PBI-09 .....	81
Tabla 24. Historia de usuario del PBI-10 .....	81
Tabla 25. Historia de usuario del PBI-11 .....	82
Tabla 26. Historia de usuario del PBI-12 .....	82
Tabla 27. Historia de usuario del PBI-13 .....	82
Tabla 28. Historia de usuario del PBI-14 .....	83
Tabla 29. Historia de usuario del PBI-15 .....	83
Tabla 30. Historia de usuario del PBI-16 .....	83
Tabla 31. Historia de usuario del PBI-17 .....	84
Tabla 32. Sprint Backlog del Sprint 1 .....	84

Tabla 33. Sprint Backlog del Sprint 2 .....	85
Tabla 34. Sprint Backlog del Sprint 3 .....	85
Tabla 35. Sprint Backlog del Sprint 4 .....	86
Tabla 36. Tecnologías y lenguajes de programación .....	90

## Índice de figuras

Figura 1. Diagrama del diseño de la investigación .....	12
Figura 2. Comparación de medias del TRAF .....	20
Figura 3. Comparación de medias del TPFA.....	21
Figura 4: Comparación del comportamiento del indicador TRAF .....	69
Figura 5: Comparación del comportamiento del indicador TPFA .....	70
Figura 6. Flujo de Scrum .....	73
Figura 7. Prototipo en Figma .....	77
Figura 8. Diagrama de infraestructura del aplicativo web .....	78
Figura 9. Diagrama de flujo del desarrollo del software.....	87
Figura 10. Diagrama As Is del proceso de fertilización de cultivos.....	88
Figura 11. Diagrama To Be del proceso de fertilización de cultivos .....	89
Figura 12. Diagrama de arquitectura de Software .....	91
Figura 13. Función de creación de planes semanales de fertilización.....	92
Figura 14. Diseño de la base de datos .....	93
Figura 15. Interfaz de inicio de sesión .....	94
Figura 16. Interfaz de registro de usuario .....	94
Figura 17. Interfaz de gestión de privilegios .....	95
Figura 18. Interfaz de componentes de navegación .....	95
Figura 19. Interfaz de centros de costos .....	96
Figura 20. Interfaz de unidades de medida .....	96
Figura 21. Interfaz de nutrientes.....	97
Figura 22. Interfaz de estados fenológicos.....	97
Figura 23. Interfaz de campaña.....	98
Figura 24. Interfaz de cultivos y variedades .....	98
Figura 25. Interfaz de fertilizantes .....	99
Figura 26. Interfaz de umbrales de nutrientes .....	99
Figura 27. Interfaz de plan de fertilización por campaña .....	100
Figura 28. Interfaz de plan de fertilización semanal .....	100
Figura 29. Interfaz de aplicación de fertilizantes.....	101
Figura 30. Interfaz de programados vs ejecutado .....	101
Figura 31. Interfaz de programa de salidas de almacén.....	102
Figura 32. Interfaz de reporte de plan semanal de aplicaciones .....	102

## Resumen

El uso de tecnologías de la información es crucial para potenciar la eficiencia y sostenibilidad en la agricultura contemporánea. En un entorno global interconectado, la aplicación de sistemas inteligentes basados en datos, como la agricultura de precisión y la gestión remota de cultivos, no solo mejora la productividad, sino que también disminuye el uso superfluo de recursos, mitigando de esta manera el impacto ambiental. Por lo cual, esta investigación tuvo como determinar en qué medida un aplicativo web mejora el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu Seeds SAC, Ica, 2023. La investigación adoptó un enfoque cuantitativo con un diseño experimental de tipo aplicado y preexperimental. La muestra consistió en 40 elementos, y la técnica utilizada para la recopilación de datos fue el fichaje. El instrumento empleado fue la ficha de registro, la cual fue sometida a validación por parte de expertos y posteriormente procesada utilizando el software SPSS Statistics V.25. Los resultados reflejaron un aumento positivo del 37% al 76% (un incremento del 39%) en relación con el primer indicador, la tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes. Además, se observó un incremento significativo del 46% al 80% (una mejora del 34%) en relación con el segundo indicador, la tasa de programas de fertilización afinados. En consecuencia, se concluyó que la aplicación web implementada resultó ser una herramienta eficaz y beneficiosa, aportando de manera positiva a la optimización y mejora del proceso de fertilización en los cultivos de la empresa Balú Seeds SAC.

**Palabras clave:** Tecnologías de información; Aplicativo Web, Agricultura moderna, Gestión remota de cultivos, Metodología SCRUM.

## **Abstract**

The use of information technologies has become a fundamental approach to enhance the efficiency and sustainability of modern agriculture. In an increasingly interconnected world, the implementation of data-driven intelligent systems, such as precision agriculture and remote crop management, not only optimizes productivity but also reduces unnecessary resource usage, thereby minimizing environmental impact. Therefore, this research aimed to determine to what extent a web application improves the fertilization process of crops at Balu Seeds SAC, Ica, 2023. The research adopted a quantitative approach with an applied and pre-experimental experimental design. The sample consisted of 40 elements, and the data collection technique used was logging. The instrument employed was the registration form, which underwent validation by experts and was subsequently processed using SPSS Statistics V.25 software. The results showed a positive increase from 37% to 76% (a 39% increase) concerning the first indicator, the fertilizer application registration rate. Additionally, a significant increase from 46% to 80% (a 34% improvement) was observed regarding the second indicator, the tuned fertilization program rate. Therefore, it was concluded that the implemented web application proved to be an effective and beneficial tool, positively contributing to the optimization and improvement of the fertilization process for Balú Seeds SAC crops.

**Keywords:** Information technologies, Web application, Modern agriculture, Remote crop management, SCRUM methodology.

## I. INTRODUCCIÓN

La progresión de aplicaciones web constituye una de las ramas más avanzadas y demandadas en el campo de las tecnologías de la información (TICs), gracias a su continua evolución. (Valarezo et al., 2018).

De acuerdo con (CEPAL, 2021), la evolución en la digitalización de las empresas de América latina y el caribe donde se utilizan los aplicativos webs se encuentra tomando un rol protagónico en la actualidad incrementando los beneficios económicos percibidos por estas. Sin embargo, en el sector agrícola aún se tiene mucho margen de mejora por la carencia de uso de soluciones tecnológicas empresas pequeñas y medianas del rubro (Santos, 2018).

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) efectuó un estudio enfocado en la aplicación de las TICs en América Latina para el uso agrícola y agroindustrial se reveló que en Chile hubo un total de 48 proyectos realizados en las últimas 3 décadas. Por su parte, en Argentina al 2020 se identificaron 104 iniciativas desarrolladas por empresas nacionales. Finalmente, en Uruguay, se han desarrollado un total de 19 emprendimientos en los últimos años (CEPAL, 2021). En el Perú, el uso de software en las empresas dedicadas a rubro agrícola y pesca es de 3,8% en software desarrollado in-house, 12,6% en software libre y 21,4% en software propietario de acuerdo con el Instituto nacional de Estadística e Informática (INEI) siendo esta la industria con menor uso entre todas las analizadas (INEI, 2020)

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, el sector agrícola es uno de los que menos aprovechan las TICs y en la actualidad no se puede determinar el impacto de un aplicativo web en los procesos agrícolas. Se busca abarcar esta falta de conocimiento estudiando como la implementación de un aplicativo web facilita el cumplir con los objetivos planteados para el proceso de fertilización de cultivos (Leal, Rodriguez y Gallardo, 2018).

La situación previamente descrita es en la que se encuentra la empresa Balu Seeds SAC la cual opera desde el año 2020 en el distrito de Los Aquijes de la ciudad de Ica. La empresa se especializa en la manufactura y envío al exterior de semillas de diversas cosechas, destinadas a su utilización en el sector agrícola de

naciones foráneas. El área de producción administra los programas de fertilización de los distintos cultivos a través de un plan de fertilización anual que se actualiza semanalmente utilizando la información de las aplicaciones de fertilizantes realizadas previamente. Actualmente estos registros se almacenan y comparten mediante conversaciones por WhatsApp y apuntes realizados en una pizarra compartida por el equipo del área de producción ocasionando pérdida de información, desorden y haciendo muy complicado realizar reportes de los avances realizados. Además, al momento de actualizar semanalmente los planes de fertilización se encuentran con retrasos e imprecisiones ya que dependen de los registros previamente mencionados.

Para lograr superar los inconvenientes ya descritos se ha planteado la implementación de un aplicativo web que permita generar, almacenar y compartir los planes de aplicación de fertilizantes y los registros de las aplicaciones efectuadas. De esta forma se conseguirá ordenar y proveer la información para las actividades en las que esta se necesite, logrando así mejorar el control del programa de fertilización y por lo tanto el rendimiento de los cultivos producidos.

**Bajo lo previamente expuesto, la investigación abordará la aclaración del problema general:** ¿En qué medida un aplicativo web mejora el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023? Además, se abordarán los problemas específicos: (a) ¿En qué medida un aplicativo web incrementa la tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes en el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023?, (b) ¿En qué medida un aplicativo web aumenta la tasa de programas de fertilización afinados en el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023?

**Se debe considerar también que la investigación cuenta con justificación** teórica, metodológica, social y práctica. El objetivo de la justificación una investigación es destacar desde varios enfoques su pertinencia y relevancia (Fernández, 2020).

En el aspecto de justificación social facilita a las empresas tener información precisa del desarrollo del programa de fertilización lo que resulta en un uso más

adecuado de los recursos, lo que a su vez reduce el impacto ambiental y optimiza la producción agrícola; Además, se tiene justificación metodológica ya que, será necesaria la aplicación de técnicas de recolección de datos acordes a las características del estudio. El aspecto teórico, se justifica en la creación de nuevos conocimientos orientados a los aplicativos webs y los procesos productivos agrícolas como la aplicación de fertilizantes en el contexto de nuestro país. Finalmente, se justifica prácticamente debido a la automatización y simplificación del proceso, el monitoreo en tiempo real, el registro y seguimiento de datos, la provisión de capacitación para los agricultores. Estas justificaciones contribuyen en la gestión haciéndola más eficiente, precisa y rentable.

Se aplicó el diseño preexperimental, por lo que se consideran etapas pre y post test, a la vez de instrumentos de recolección de datos revisados, analizados y validados por expertos en la implementación de aplicaciones web y en la agroindustria asegurando que los resultados obtenidos sean confiables.

Continuando con el detalle de la investigación, **esta debe cumplir con objetivos planteados en base al problema identificado. De acuerdo con esto, se establece el objetivo general:** Determinar en qué medida un aplicativo web mejora la fertilización de cultivos de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023. Asimismo, se cuenta con los siguientes objetivos específicos: (a) Determinar en qué medida un aplicativo web incrementa la tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes en el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023, (b) Determinar en qué medida un aplicativo web aumenta la tasa de programas de fertilización afinados en el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023

**De manera similar, para los resultados esperados se propone como hipótesis general:** Un aplicativo web mejora el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023. Las hipótesis específicas consideradas son las siguientes: (a) Un aplicativo web incrementa la tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes en el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023, (b) Un aplicativo web aumenta la tasa de programas de fertilización afinados en el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023.

## II. MARCO TEÓRICO

Se contrastó la investigación realizada con trabajos previos a nivel nacional e internacional que se asemejan en metodología, variable dependiente y variable independiente consiguiendo respaldar lo desarrollado.

**A nivel nacional**, Ballena (2021), en su estudio realizado en un fundo de la región de Lambayeque, el propósito fue desarrollar e implementar un sistema experto con tecnología web centrado en el proceso de fertilización de cultivos de banano ecológico. El estudio llevado a cabo se clasificó como investigación aplicada y adoptó un diseño preexperimental. La población fue la plantación del cultivo de banano ecológico y la muestra poblacional fue la plantación del campo de cultivo, una administradora del campo de cultivo y una guía de cosecha. Se aplicó la ficha de registro según indica el método del fichaje para la recolección de datos. Con la implementación se logró automatizar la creación del plan de fertilización a través de un sistema experto cuyos resultados fueron validados por el juicio de un experto en la materia. Coincidiendo con los resultados queda demostrado que la aplicación de tecnología web mejora el proceso de fertilización de cultivos (Ballena, 2021). Del estudio se destaca que para la correcta generación de planes de fertilización en un aplicativo web es importante considerar el juicio de un experto para definir si el modelo aplicado es válido.

Según Giraldo y Llallico (2020), en su investigación enfocada en la construcción de un sistema informático basado en tecnología web dedicado a la gestión de encuestas agropecuarias aplicado en la provincia de Huaraz. Se aplicó la metodología de investigación de tipo aplicada y de nivel explicativo, se aplicó la encuesta en una población fue de 50 socios agricultores y la muestra fue de 44 socios. Los resultados obtenidos al medir características como el margen de error del sistema, costo de recursos aplicados y tiempo utilizado se calificó como alto por los evaluadores al alcanzar un total de 60.07% en el nivel de satisfacción general de los usuarios. Según los resultados obtenidos, se concluye que la implementación del sistema web generó significativas mejoras en la administración de encuestas agropecuarias (Giraldo y Llallico, 2018). Según la investigación, realizar un análisis detallado de la realidad y el contexto actual de la empresa o institución, en conjunto con el proceso, proporciona la comprensión

necesaria para adecuar de manera apropiada en el software el método adecuado para gestionar las actividades de la variable dependiente.

Lujan y Rosario (2019), en su investigación buscan agilizar los procesos agrícolas en una empresa de la provincia de Lambayeque. El estudio fue de tipo aplicado, pre experimental y experimental, con los enfoques cualitativo, para lo que se utilizó la encuesta en una muestra de 5 usuarios del software que representan la totalidad de la población, y cuantitativo, para lo que se utilizó la ficha de registro en una muestra de 102 requerimientos. Con la investigación se logró reducir en un 93.24% el tiempo utilizado en el requerimiento de insumos y materiales, se disminuyó en un 97.02% el tiempo de búsqueda de órdenes de compra, se redujo en un 88.65% el costo hora hombre de elaboración de reportes y se logró incrementar en un 36.4% la satisfacción de los usuarios con la implementación del software. Se determinó que la introducción del sistema de información web agiliza los procedimientos en el ámbito agrícola. (Lujan y Rosario, 2019). Se destaca el uso del framework “Laravel” para el lenguaje PHP que permite mejorar la calidad del código fuente.

Moreno y Ponciano (2019) implementaron para el monitoreo y control de plagas un sistema web en una empresa agrícola dedicada al cultivo de paltas. Se llevó a cabo una investigación de diseño preexperimental, de naturaleza aplicada, con un enfoque cuantitativo y un nivel explicativo. La población estudiada comprendió 5000 plantas, de las cuales se extrajeron 357 muestras. Se utilizó una ficha de registro para recopilar datos durante el proceso de fichaje. Como resultado se obtuvo una reducción del 83.63% en el tiempo de registro de datos de las plagas, se disminuyó un 88.71% el tiempo en el que se reporta al técnico sobre las plagas inspeccionadas y se redujo en un 92.63% el tiempo de obtención del reporte de plagas. Se concluye de acuerdo con lo expuesto que la investigación logró mejorar significativamente el rendimiento del sistema web. (Moreno y Ponciano, 2019) Esto corrobora que el trabajar con un Back End en lenguaje PHP y base de datos en MySQL es capaz de entregar resultados positivos para el sector agrícola.

**A nivel internacional**, se consideran los siguientes trabajos para respaldar el estudio:

En el estudio de Gómez et al. (2021) en Argelia-Colombia, la meta es desarrollar una aplicación web que simplifique la implementación de buenas prácticas agrícolas (BPA) destinada a los agricultores especializados en el cultivo de frutas y hortalizas. El estudio de tipo aplicado utilizó como metodología de desarrollo a ICONIX, esta incluye las fases de análisis de requerimientos, diseño preliminar, análisis detallado, codificación y pruebas. Adicionalmente, para la identificación de las BPA se revisaron los estándares definidos por las normativas existentes. Como resultado, se elaboró un aplicativo web que permite el registro de las actividades agrícolas, facilita el control de los administradores y permite a los clientes conocer la trazabilidad de los productos. Se concluye que un aplicativo web facilita la aplicación de buenas prácticas agrícolas (Gómez, Mossos y Herrera, 2021). Se destaca del estudio la consideración del “Responsive” como característica que facilita el uso de la herramienta en dispositivos móviles.

En Guayas-Ecuador, Arce et al., (2019) implementaron un sistema web dirigido a la control y gestión de la producción de banano. Durante la fase de definición de requerimientos, se llevaron a cabo entrevistas y se emplearon fichas de observación. En cuanto a la construcción del software, se adoptó la metodología en cascada. Al concluir se identificaron falencias en los procesos a través del análisis de los requerimientos, se construyó el software en un entorno de desarrollo Python Pycharm y se ejecutaron las pruebas de calidad para verificar el cumplimiento de lo solicitado. Se identifica que un sistema web permite el control y gestión de actividades relacionadas a la producción de cultivos agrícolas. (Arce, Zuña y Ramos, 2019). Del estudio se destaca que la utilización e implementación de un servidor web Apache cumple con los requisitos técnicos para un software de estas características.

En Ibagué-Colombia, un estudio realizado por Martínez et al., (2018) La atención se centró en describir el desarrollo de un sistema web y móvil diseñado para gestionar diversas actividades relacionadas con los cultivos agrícolas. En el marco de la investigación, se empleó el método científico de enfoque analítico. Asimismo, se recurrió a herramientas como la entrevista, el cuestionario y la

observación directa para la recopilación de datos. A través de la implementación de estas herramientas se logró disminuir el costo económico del mantenimiento de los cultivos y redujo el tiempo aplicado en el control de actividades. Esto demuestra que se logró mejorar la gestión de cultivos agrícolas en sus distintas actividades a través del uso de tecnología web. (Martínez, Flórez y Bravo, 2018). Se destaca la aplicación de una metodología ágil en el ciclo de desarrollo de la herramienta utilizada dentro del contexto del rubro agrícola.

En Santander-Colombia, Leal et al., (2018) diseñaron un software enfocado en la automatización de proceso de fertilización de suelos para el cultivo de cacao. Para lograr este diseño se utilizó la metodología de desarrollo en cascada y las buenas prácticas en gestión de proyectos del PMBOK 5° edición. Al terminar el estudio se logró el software FERTILCAO que permite gestionar a cada agricultor el gestionar todos los aspectos de sus cultivos a través de distintas funcionalidades que incluyen la gestión de fertilizantes y análisis de suelos. Se concluye que será posible a través de este software ejercer un seguimiento y control nutricional sobre los cultivos. (Leal, Rodríguez y Gallardo, 2018). Se destaca en el estudio la inclusión en el software de una herramienta de automatización del plan de fertilización que permite mejorar la productividad del cultivo.

Con respecto a las teorías consultadas, se tiene en el primer punto a la: Teoría General de Sistemas (TGS) y en el segundo punto a la: Teoría del control; a continuación, se describirán.

La teoría general de sistemas es atribuida al investigador Ludwig von Bertalanffy al ser el primero en definir y describir sus características más importantes en el año 1950 (Cabrera, 2017). Esta teoría describe a los sistemas como una agrupación de elementos interrelacionados con un objetivo común para el cual trabajan y para entenderlos es importante conocer sus características más importantes las cuales son: composición y estructura, organización interna, interacción con el ambiente y la cualidad resultante de la integración (De La Peña y Velázquez, 2018).

La teoría considera herramientas como la organización de forma compacta y relacional y las estructuras del modelo conceptual a partir de los procesos que persiguen el entendimiento del comportamiento de los sistemas y se puede aplicar en múltiples disciplinas y con distintos propósitos (Lamprea y Sanabri, 2020). Según (Martínez y Esparza, 2021) esta tiene la capacidad de integrar ciencias sociales y naturales, brindar en campos no físicos explicaciones causales y ser holística e integradora en la instrucción científica.

Con respecto a la teoría del control, se define como un enfoque que permite analizar a los sistemas de cualquier tipo desde un punto de vista que permite gobernarlos para garantizar que mantengan su equilibrio, este se apoya en el uso de controladores fundamentados en las matemáticas (Fermín, 2011). Según (Vásquez, 2021) la teoría del control, desde una perspectiva organizacional, busca alcanzar la eficacia y eficiencia en las operaciones, así como asegurar el cumplimiento de los reglamentos establecidos para la actividad, mediante una coordinación efectiva entre todos los participantes involucrados.

Por otra parte, los aplicativos webs se definen como programas informáticos que permiten a sus usuarios interactuar con estos para el logro de un objetivo a los cuales se puede acceder utilizando un navegador web en una intranet o internet (Valarezo et al., 2018). Las aplicaciones web son usadas para distintos propósitos y en distintos ámbitos como el académico, empresarial, científico, cultural, entre otros. y cuenta con múltiples ventajas con respecto a los software de escritorio como: ser multiplataforma; al poder usarse en computadoras de escritorio, teléfonos inteligentes, tabletas, etc.; no necesitan una instalación al ejecutarse en un navegador, ser accesibles desde cualquier ubicación con acceso a internet, los recursos de infraestructura son asumidos por el servidor en lugar del dispositivo usado para la conexión y se puede trabajar de forma colaborativa por muchas personas de manera simultánea (Molina et al., 2018). Para la construcción de las aplicaciones web se utilizan múltiples tecnologías para sus componentes (Front end y Back End), cuando se trata de aplicaciones que demandan gestionar un elevado número de interacciones de los usuarios, suelen emplearse tecnologías de código abierto basadas en la arquitectura Modelo-Vista-Controlador (MVC). En términos de metodologías de

desarrollo para este tipo de software, se tiende a favorecer enfoques ágiles como Extreme Programming (XP) o SCRUM. (Mina, 2021).

En ese orden, existen diversas metodologías y frameworks que permiten desarrollar software y que son ampliamente utilizadas en aplicaciones web de distinto propósito. De acuerdo con (Molina et al., 2018) la metodología de desarrollo de software puede ser conceptualizada como una agrupación de técnicas, documentación y procedimientos que permiten a un equipo crear software que cumpla con los requerimientos de calidad del cliente y existen 3 tipos de metodologías: tradicional, se caracterizan por segmentar en etapas y favorecer la creación de documentación detallada de cada elemento dentro del proyecto; ágiles, caracterizada por ser flexible frente a los cambios en los requerimientos y realizar entregas constantes de fragmentos del proyecto; híbridas, destacan por ser una mezcla de las dos anteriores en la búsqueda de conseguir sus mejores características para aplicarlas juntas.

Además, en el contexto de las metodologías ágiles, estas se fundamentan en el concepto "Agile", el cual, en el ámbito del desarrollo de software, constituye un marco conceptual que engloba diversas filosofías. Representa un enfoque para la ingeniería de software que inicia con una fase preliminar de planificación y progresa hacia la implementación mediante interacciones iterativas e incrementales a lo largo del ciclo de vida del proyecto. El propósito primordial de los métodos ágiles es disminuir la carga administrativa en el proceso de desarrollo de software, posibilitando la adaptación a cambios sin poner en riesgo el proceso ni requerir modificaciones excesivas (Al-Saqqa, Sawalha y Abdelnabi, 2020).

Describiendo la variable dependiente Proceso de fertilización de cultivos, según (Borja y García, 2022) la fertilización de cultivos tiene el propósito de conseguir que las plantas alcancen su máximo nivel de producción a través del uso de distintos productos enfocados en la nutrición del cultivo según sus necesidades particulares y para este fin se aplican los programas de fertilización. De acuerdo con (Valdez, 2018) los programas de fertilización se especializan en el cultivo de acuerdo con características como estado fenológico, análisis de suelos, requerimientos particulares de las variedades, eficiencia en el uso de los nutrimentos, entre otros factores por lo que es importante su. Además, la

aplicación de los fertilizantes puede darse por diversas técnicas como la foliar y edáfica dependiendo de la necesidad de la planta siempre con el objetivo de prevenir las deficiencias nutricionales (Cedeño et al., 2018).

Según (Osorio et al., 2021) el Zinc es uno de los nutrientes más esenciales en la fertilización de cultivos pues cumple un rol crucial en varios procesos bioquímicos como: síntesis de proteínas, activación de enzimas, fotosíntesis, entre otros. Sin embargo, se debe considerar que el uso excesivo de fertilizantes químicos puede, a largo plazo, deteriorar el ambiente donde se desarrolla el cultivo a través de la compactación del suelo, salinización, impedimento de drenaje y disminución de la actividad microbiana (Alarcon et al., 2020).

En el marco de la presente investigación se definieron dos indicadores relacionados con la variable dependiente. Estos indicadores nos brindarán información sobre el impacto resultante al implementar la propuesta sugerida.

El primer indicador seleccionado fue, tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes (TRAF) el cual tiene el objetivo de medir el cumplimiento del programa de aplicaciones al controlar el inventario de las aplicaciones realizadas durante las jornadas. Según (Pomares, 2008) el cumplimiento de los programas de fertilización asegura la nutrición adecuada de los cultivos en cada etapa fenológica. El cumplimiento se define como la proporción entre los objetivos logrados y los objetivos establecidos, evaluada en las circunstancias actuales. (Quintero et al., 2021). Considerando lo anteriormente expuesto, podemos identificar que la relación entre las aplicaciones de fertilizantes registradas en contraste con las planificadas nos permitirá determinar el valor de indicador.

El segundo indicador definido es Tasa de programas de fertilización afinados (TPFA) el cual busca medir la eficacia de la organización en realizar los ajustes necesarios en los programas de aplicaciones de fertilizantes según las necesidades nutricionales identificadas durante la ejecución del programa. La adecuación de los programas de fertilización es un elemento crítico para asegurar que los cultivos alcancen su máximo rendimiento y productividad (Pomares, 2008). La eficacia es descrita como los resultados obtenidos que permiten cumplir las metas o estándares de calidad (Rojas, Jaimes y Valencia, 2018).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

La investigación será de tipo aplicada; para (Castro, Gómez y Camargo, 2023) Mario Bunge fue el primero en establecer el concepto de investigación aplicada en 1980 indicando de esta que tiene objetivo de estimar el valor pragmático de lo investigado. Su contribución en este sentido ha sido fundamental para comprender la importancia de trascender la mera acumulación de conocimiento teórico, promoviendo la aplicación práctica de la investigación en la resolución de problemas y la mejora de la realidad. Se define esta investigación como aplicada debido a que implementará un aplicativo web para beneficio del proceso de fertilización de cultivos.

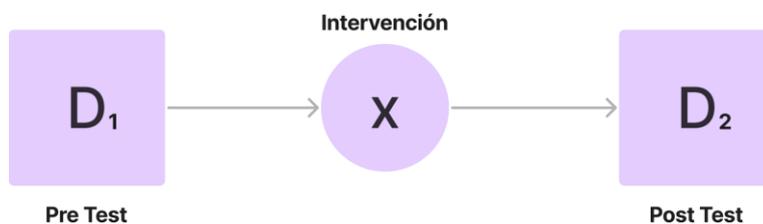
##### **3.1.2. Diseño de investigación**

La investigación usará el sub-diseño pre-experimental con carácter longitudinal que se encuentra comprendido en el marco del diseño experimental. Se destaca sobre el diseño pre-experimental que posee un solo grupo de experimentación sobre el cual el investigador interviene (Ramos, 2021). Según (Manterola et al., 2019) un estudio longitudinal es aquel que ocurre a lo largo de un periodo de tiempo lo que permite comparar el elemento de estudio en diversas etapas. Esta elección metodológica permitirá capturar y analizar de manera más completa las posibles variaciones y evoluciones en la variable de interés a medida que transcurre el tiempo, proporcionando una comprensión más profunda y contextualizada de los fenómenos observados.

Podemos afirmar que la naturaleza de la investigación se clasificará como un diseño pre-experimental, ya que se llevará a cabo una evaluación de la variable dependiente tanto antes como después de la intervención del aplicativo web. Este enfoque implica la medición de la variable de interés en un momento inicial, seguida de la implementación de la intervención planificada y, finalmente, la medición nuevamente para evaluar los posibles cambios. Este diseño proporcionará una comprensión más completa y detallada de la influencia del

aplicativo web en la variable dependiente a lo largo del tiempo. Por lo tanto, se aplicarán evaluaciones pre y post test tal cual se ejemplifica:

**Figura 1.** Diagrama del diseño de la investigación



**Donde:**

**D1:** Estado actual del proceso de fertilización de cultivos de Balú Seed S.A.C.

**X:** Aplicativo web a desarrollar

**D2:** Estado posterior del proceso de fertilización de cultivos de Balú Seed S.A.C.

### **3.2. Variables y Operacionalización**

#### **Variable independiente (VI): Aplicativo web**

La variable aplicativo web se tipifica como cuantitativa. Para (Sánchez, 2019) el enfoque cuantitativo se aplica a fenómenos medibles utilizando para este propósito técnicas estadísticas para la recolección de datos. Es de distribución escalar, pues los posibles valores de la variable son numéricos individuales mayores o menores y; Asimismo, se considera discreta ya que la variable solo puede tomar un grupo delimitado de valores enteros sin valores intermedios y estos varían dependiendo de los cambios aplicados a la variable dependiente.

#### **Definición conceptual: Aplicativo web**

Se definen como cualquier software al que se pueda acceder utilizando un navegador web que se esté ejecutando en el dispositivo del cliente (Molina et al., 2018). Estos se desarrollan utilizando lenguajes de programación orientados a navegadores, scripting y lenguaje de estilos como Javascript, Hybrid Text Markup Language y Cascading Style Sheet (Sarhan y Gawdan, 2018). La arquitectura modelo-vista-controlador (MVC) es muy usada en este tipo de software y actualmente se suele preferir metodologías ágiles como SCRUM para su implementación (Mina, 2021).

### **Definición operacional: Aplicativo web**

Se trata de una aplicación de software que se distingue por sus atributos clave, tales como accesibilidad, escalabilidad, disponibilidad y su capacidad para operar en diversas plataformas. Estas características se aprovechan de manera significativa para proporcionar servicios que buscan otorgar a los usuarios una experiencia versátil y ágil en la consulta, registro y actualización de información. Este enfoque, especialmente diseñado para responder a las demandas de las actividades agrícolas, permite una interacción eficiente y fluida, brindando a los usuarios la flexibilidad necesaria para adaptarse a sus diversas necesidades y contextos operativos.

### **Variable dependiente (VD): Proceso de fertilización de cultivos**

La variable dependiente proceso de fertilización de cultivos se determina de tipo cuantitativa pues su medición se refleja en forma numérica (Castañeda, 2022). Sus posibles valores están influenciados por la aplicación de la variable independiente.

### **Definición conceptual: Proceso de fertilización de cultivos**

Es el brindar a las plantas de los nutrientes que necesiten según sus necesidades particulares a través de la aplicación de productos enfocados en este propósito (Borja y García, 2022). Según (Valdez, 2018) para este propósito se aplican los programas de fertilización que permiten planificar y controlar el desarrollo nutricional del cultivo para permitirle alcanzar su máximo rendimiento.

### **Definición operacional: Proceso de fertilización de cultivos**

Implica la elaboración minuciosa de estrategias y la ejecución eficiente de los programas de fertilización, siendo esta labor supervisada y llevada a cabo por el área de producción. Este equipo, a cargo de la gestión agronómica, se encarga de seleccionar cuidadosamente los productos fertilizantes más adecuados, teniendo en cuenta las necesidades específicas de los cultivos y los objetivos agrícolas predefinidos. Estos programas no solo abarcan la elección de los fertilizantes, sino también la implementación de métodos de aplicación precisos, considerando factores como el tipo de suelo, las condiciones climáticas y las

etapas de crecimiento de los cultivos. Este enfoque holístico busca no solo mejorar la productividad, sino también optimizar la salud y el rendimiento de los cultivos de manera sostenible.

La variable se medirá en las dimensiones de eficacia y eficiencia utilizando como indicadores a cuantificar la tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes (TRAF) y la tasa de programas de fertilización afinados (TPFA); se medirán porcentualmente aplicando la ficha de registro como instrumento.

**Tabla 1.** Operacionalización de la variable dependiente

Indicador	Instrumento	Cant.	Unid. medida	Formula
TRI	Ficha de registro	40	Porcentaje	$\frac{NAFR}{NAFP} * 100 = TRAF$ <p><b>Donde:</b>  <b>NAFR:</b> Número de aplicaciones de fertilizantes registradas.  <b>NAFP:</b> Número de aplicaciones de fertilizantes planificadas.  <b>TRAF:</b> Tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes.</p>
TUTI	Ficha de registro	40	Porcentaje	$\frac{NPFA}{NPFS} * 100 = TPFA$ <p><b>Donde:</b>  <b>NPFA:</b> Número de programas de fertilización afinados.  <b>NPFS:</b> Número de programas de fertilización solicitados.  <b>TPFA:</b> Tasa de programas de fertilización afinados.</p>

*Nota.* Esta tabla describe la operacionalización de la variable dependiente a través de los indicadores que se usarán para evaluarlo.

### Indicadores

Se determinaron los indicadores TRAF y TPFA para la medición de la variable dependiente en esta investigación.

### Escala de medición

Se plantea utilizar la escala de razón para la variable dependiente, pues no es factible que tome el valor cero ya que este representa la ausencia de atributo (Ochoa y Arias, 2018).

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### Población

Para (Mucha-Hospinal et al., 2021) podemos definir a la población como el grupo del que se desea generalizar los resultados y esta debe ser homogénea en relación con la variable estudiada. Para esta investigación la población identificada está constituida por 40 registros de programas de fertilización, estos registros serán recolectados durante 40 días antes de la aplicación de la variable independiente (Pre Test) y 40 días luego de la implementación del aplicativo web (Post Test).

**Tabla 2.** Población de estudio

Población	Cant.		Indicador
	Pretest	Post test	
Registro de programas de fertilización	40	40	TRAF
Registro de programas de fertilización	40	40	TPFA

*Nota.* Esta tabla muestra la población del estudio a evaluar durante las etapas de Pre Test y Post Test por indicador.

#### Muestra

La muestra es una cantidad representativa de la población que conserva los rasgos identificados para la medición (Mucha-Hospinal et al., 2021). En el caso de esta investigación se ha determinado una población muestral de 40 registros de programas de fertilización, asegurando así la inclusión de una variedad significativa de datos que abarcan diversas condiciones y contextos relacionados con el tema en estudio.

## Muestreo

Para determinar la muestra se aplicó el muestreo no probabilístico por conveniencia. Según (Reales et al., 2022) esta técnica de muestreo se caracteriza por incluir solo a los elementos poblacionales que cumplen criterios prácticos para el estudio como pueden ser la facilidad de acceso o disponibilidad. Este método es aceptable en poblaciones menores a los 100 elementos, permitiendo así una selección eficiente y pragmática de participantes que se ajusten a las necesidades específicas de la investigación, garantizando la viabilidad y aplicabilidad de los resultados obtenidos en contextos más limitados.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Como instrumento de recolección de datos se utilizará la ficha de registro. Los instrumentos de recolección de datos son aplicados para realizar la medición que permite recolectar el conocimiento científico y, por lo tanto, esta debe tener el objetivo de preparar las condiciones óptimas para realizar la medición (Hernández y Duana, 2020). Esto implica no solo la selección cuidadosa de los instrumentos, sino también la creación de un entorno propicio que garantice la fiabilidad y validez de los datos obtenidos. De esta manera, se establecen las bases para una recopilación de información efectiva y significativa en el contexto de la investigación científica.

A continuación, se describe el instrumento utilizado:

**Tabla 3.** Ficha técnica de instrumento

Instrumento	Ficha de registros de programas de fertilización
Investigador	Villanueva Phun, Rodolfo Hugo Hernan
Año	2023
Descripción instrumento	Ficha de registro
Objetivo	Determinar en qué medida un aplicativo web mejora el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu Seeds SAC, Ica, 2023
Indicadores	a. TRAF b. TPFA
Num. de registros a recolectar	40
Aplicación	Directa

*Nota.* Esta tabla describe técnicamente al instrumento de recolección de datos.

### **Validación de instrumentos**

Con el fin de evaluar la legitimidad de los instrumentos de recolección de datos, se solicitó la colaboración de tres expertos para que completaran una ficha de validación. Esta ficha se diseñó considerando criterios clave como la relevancia, claridad y pertinencia, con el objetivo de asegurar la validez de los datos que se analizarán en el estudio. A continuación, se presenta una lista detallada de los expertos mencionados anteriormente.

**Tabla 4.** *Expertos que legitimaron los instrumentos de recolección*

Documento identidad	Apellidos y nombres	Institución laboral	Calificación
41166241	<b>Magíster</b> Luna Huamán, Giancarlo Antonio	Los Olivos de Villacurí S.A.C.	Aplicable
16176175	<b>Magíster</b> Herbozo Ventosilla, Helar Miguel	Ministerio de trabajo y promoción del empleo	Aplicable
44147992	<b>Magister</b> Fierro Barrales, Alan Leoncio	Universidad Cesar Vallejo	Aplicable

*Nota.* Esta tabla detalla los datos de los expertos que avalaron los instrumentos de recolección de datos.

### **3.5. Procedimientos**

Con el objetivo de identificar las principales problemáticas actuales de la empresa Balú Seeds S.A.C., se inició realizando una reunión con el gerente de operaciones y la jefa de proyecto para conocer los objetivos de la organización e identificar los factores que dificultan alcanzarlos. De esta sesión se calificó al proceso de fertilización de cultivos como el más crítico para la estrategia organizacional. Luego se procedió a la definición de indicadores y a la propuesta de la implementación de un aplicativo web como tecnología que permita mitigar la problemática identificada.

Posteriormente, se buscará medir el comportamiento de la variable dependiente a través de los indicadores validados por los expertos. Para esto se aplicarán las fichas de registro como instrumento en dos periodos: Pre Test (entre

agosto y setiembre del año 2023) y Post Test (entre diciembre del año 2023 y enero del año 2024). Se debe considerar además que la recolección de datos se dará en un plazo de 40 días laborables para cada periodo.

Durante la etapa de implementación del aplicativo web se utilizó la metodología agile en el marco del framework SCRUM, ver Anexo 9. Se destaca de esta metodología el que permite entregar productos incrementales que agregan valor muy pronto en el proyecto, esto es especialmente atractivo para las empresas pequeñas y medianas por su bajo costo presupuestal para ver resultados (Estrada-Velasco et al., 2021).

Al recolectar los datos se procederá a digitalizarlos en una hoja de cálculo para ser capaz de tratarlos y conseguir tabularlos y organizarlos aplicando para este propósito tablas y gráficos estadísticos.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Con el objetivo de interpretar los resultados de la recolección de datos de las etapas de Pre Test y Post Test se utilizará el software SPSS Statistics v.26 este **permite el análisis estadístico descriptivo e inferencial** lo que es necesario ya que ambas no se excluyen entre sí y están vinculadas.

**Para el análisis descriptivo**, se plasmarán tablas y gráficos de barra considerando valores mínimos, valores máximos y medidas de la tendencia. Considerando la descripción que acompaña a cada representación.

**Para el análisis inferencial**, se seguirán los siguientes pasos: (a) **uso de Shapiro – Wilk para corroborar la normalidad de los datos** y (b) **aplicación de la formula Wilcoxon para la validación de la hipótesis**, al tener una población con distribución no normal, en las etapas de Pre Test y Post Test se agregarán los detalles para verificar que presenten diferencias importantes en la medición.

### **3.7. Aspectos éticos**

La presente investigación toma en consideración el aspecto ético al momento de su elaboración de acuerdo con el criterio del autor en el análisis de las variables dependiente e independiente y los indicadores definidos para las mediciones. Además, se cumplió con los lineamientos éticos indicados en la

resolución N.º 0470-2022/UCV de la Universidad Cesar Vallejo. La resolución considera normativas para la honestidad, rigurosidad científica y responsabilidad con el objetivo de impulsar la integridad científica en los estudios vinculados con la Universidad Cesar Vallejo.

Los principios éticos considerados en la investigación son los siguientes:

(a) Confidencialidad, pues los datos recolectados serán utilizados únicamente para propósitos académicos y se muestran únicamente aquellos relevantes para el estudio; (b) Autonomía, debido a que se considerará en la investigación a las personas que libre y voluntariamente decidieron participar; (c) Veracidad, pues se mantendrá comunicación y trabajo coordinado durante el estudio con la empresa Balu Seeds S.A.C.; (d) Originalidad, ya que el contenido se origina de la investigación, análisis y síntesis del autor; (e) Equidad, debido a que esta estará presente en el trato con todos los involucrados; (f) Anti plagio, pues las fuentes investigadas para la redacción del presente documento están referenciadas siguiendo el formato ISO-690 y se utilizó el software Turnitin como medio de prevención del plagio; finalmente se consideró el sustento de la originalidad del estudio.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Análisis descriptivo

Se describen los hallazgos alcanzados de forma visual en las siguientes tablas y figuras.

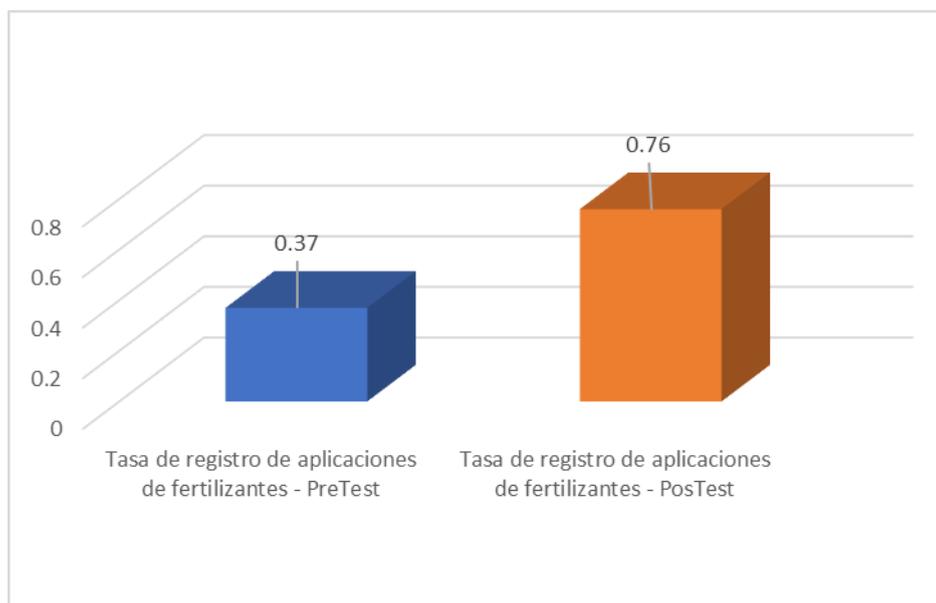
**Medidas descriptivas del indicador:** Tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes (TRAF)

**Tabla 5.** Medidas descriptivas del indicador TRAF

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
TRAF Pre-test	40	0.11	0.75	0.37	0.03115
TRAF Post-test	40	0.40	1.00	0.76	0.03159

*Nota.* Esta tabla muestra el reporte de estadísticas descriptivas del indicador TRAF

**Figura 2.** Comparación de medias del TRAF



Se detalla el análisis descriptivo del indicador de tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes en la tabla 5, haciendo énfasis en la media. En el pre-test, el promedio fue del 37% y en la etapa de post-test se consiguió un aumento alcanzado un 76%, esto representa un incremento del 39% en el indicador.

Por otro lado, la figura 2 ilustra la diferencia entre los porcentajes del mismo indicador entre las dos situaciones. Esto evidencia una mejora de la tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes en el post-test.

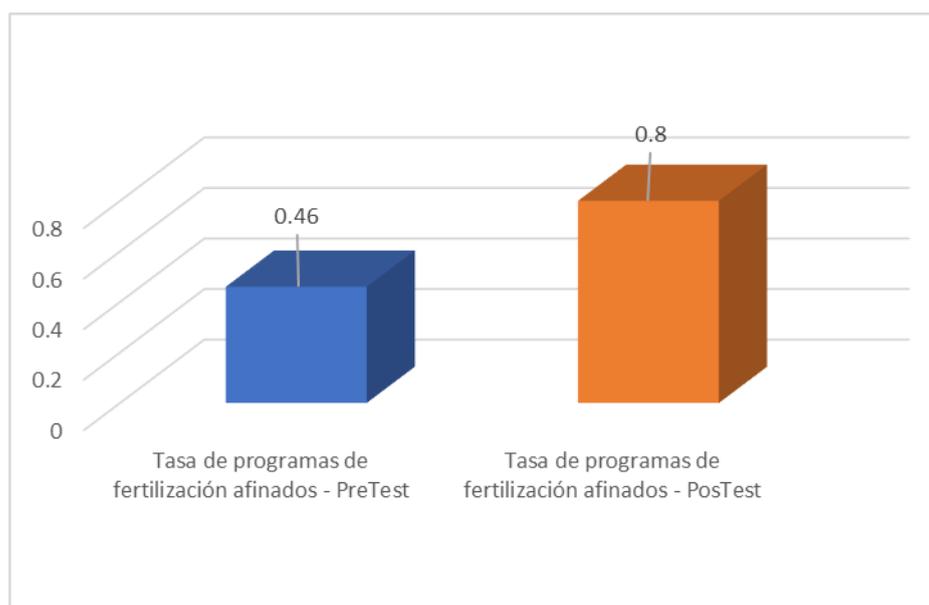
**Medidas descriptivas del indicador:** Tasa de programas de fertilización afinados (TPFA)

**Tabla 6.** Medidas descriptivas del indicador TPFA

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
TPFA Pre-test	40	0.11	1.00	0.46	0.03950
TPFA Post-test	40	0.50	1.00	0.80	0.02671

*Nota.* Detalla el reporte de estadísticas descriptivas del indicador TPFA

**Figura 3.** Comparación de medias del TPFA



El análisis descriptivo se presenta en la tabla 6 para el indicador tasa de programas de fertilización afinados donde se determinó que el promedio en la etapa de pre-test fue del 46% mientras que en la etapa de post-test alcanzó un 80%, dando de esta manera una diferencia positiva del 34%.

Además, en la figura 3 se grafica una comparación del indicador en ambas etapas, donde se evidencia y confirma que en la etapa de post-test existe una mejora en el indicador tasa de programas de fertilización afinados.

## 4.2. Análisis inferencial

### Prueba de normalidad

Utilizando la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk se realizó esta prueba, esta nos indica que se debe utilizar en muestras de hasta 50 elementos y considera que se descarta la hipótesis nula de normalidad si el nivel de significancia obtenido es inferior al valor crítico que establecido como 0.05, en caso contrario se acepta (Flores y Flores, 2021).

### Prueba de normalidad de TRAF

#### Hipótesis estadística:

- $H_0$  : Los datos del indicador tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes tienen una distribución normal.
- $H_1$  : Los datos del indicador tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes tienen una distribución no normal.

**Tabla 7.** Test de normalidad del TRAF

	Shapiro Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
TRAF Pre-test	0.917	40	0.006
TRAF Post-test	0.894	40	0.001

*Nota.* En esta tabla de detallan los datos de la prueba de normalidad del indicador TRAF

Los resultados derivados de la aplicación de la prueba de Shapiro-Wilk al indicador TRAF se presentan en la tabla 7. En la fase de pre-test, se observa un nivel de significancia de 0.006, mientras que en la etapa de post-test es de 0.001. Esta evidencia lleva a la conclusión de que, dado que ambas significancias son inferiores a 0.05, se rechaza la hipótesis nula, validando así la hipótesis alterna. En consecuencia, se confirma que los datos del TRAF exhiben una distribución no normal.

### Prueba de normalidad del indicador 2: TPFA

#### Hipótesis estadística:

- $H_0$  : Los datos del indicador tasa de programas de fertilización afinados tienen una distribución normal.
- $H_1$  : Los datos del indicador tasa programas de fertilización afinados tienen una no distribución normal.

**Tabla 8.** Test de normalidad del TPFA

	Shapiro Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
TPFA Pre-test	0.936	40	0.025
TPFA Post-test	0.891	40	0.001

*Nota.* En esta tabla se detallan los datos de la prueba de normalidad del indicador TPFA.

Las estadísticas obtenidas luego de aplicar la prueba de Shapiro-Wilk al TPFA se detallan en la tabla 8. Esta indica que en la etapa de pre-test el nivel de significancia es de 0.025, mientras que en la etapa de post-test posee el valor de 0.001. Esto nos permite concluir con que se deshecha la hipótesis nula y se corrobora la validez de la hipótesis alterna pues las dos significancias involucradas son menores de 0.05 afirmando que los datos del TPFA poseen una distribución no normal.

### 4.3. Prueba de hipótesis

Tras llevar a cabo la evaluación de la normalidad de los datos de los indicadores analizados, se determinó que no siguen una distribución normal. Ante esta constatación, se decidió aplicar la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon. Este método se emplea específicamente para contrastar dos conjuntos de datos relacionados, con el objetivo de identificar posibles diferencias significativas y sustanciales entre ellos. Es relevante subrayar que esta prueba pertenece a la categoría de técnicas estadísticas no paramétricas, lo que implica que no hace suposiciones sobre la forma específica de la distribución subyacente, proporcionando así un enfoque robusto y versátil para el análisis de datos relacionados. (Ohyver et al., 2019).

### Prueba de hipótesis específica del TRAF

### Hipótesis estadística:

- $H_0$  : Un aplicativo web NO incrementa la tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes en el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023.
- $H_1$  : Un aplicativo web incrementa la tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes en el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023.

**Tabla 9.** Rangos del indicador TRAF

		N	Rango promedio	Suma de rangos
TRAF Post test –	Rangos negativos	6 <sup>a</sup>	4.58	27.50
TRAF Pre test	Rangos positivos	34 <sup>b</sup>	23.31	792.50
	Empates	0 <sup>c</sup>		
	Total	40		

*Nota.* Se detallan los rangos del indicador TRAF según Wilcoxon

- TRAF Post test < TRAF Pre test
- TRFA Post test > TRAF Pre test
- TRAF Post test = TRAF Pre test

**Tabla 10.** Estadísticos de contraste del TRAF

	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
	Z	Sig. Asintótica (bilateral)
TRAF Post test – TRAF Pre test	-5.142	0.000

*Nota.* Se detallan los estadísticos de contraste del indicador TRAF

Después de analizar la hipótesis asociada al indicador TRAF, se presentaron los resultados de manera detallada en la tabla 9. Los hallazgos se exhiben en la tabla de rangos, donde se destacan 6 valores que conforman el rango negativo y 34 valores que corresponden al rango positivo. Esta observación señala que la

información recopilada en la etapa de pre-test es superada por los resultados obtenidos en el post-test, evidenciando un cambio favorable en la dirección de la variable en cuestión a lo largo de las diferentes fases de la investigación.

Adicionalmente, la tabla 10 que muestra los estadísticos de contraste de, muestra un valor de z de -5.142, lo que conlleva el descarte de la hipótesis nula. Es relevante destacar un nivel de significancia igual a 0.000, un valor menor a 0.05. Esto nos permite concluir no considerando afirmativa la hipótesis nula y aceptando la hipótesis alternativa.

### Prueba de hipótesis específica del TPFA

#### Hipótesis estadística:

- $H_0$  : Un aplicativo web NO incrementa la tasa de programas de fertilización afinados en el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023.
- $H_1$  : Un aplicativo web incrementa la tasa de programas de fertilización afinados en el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023.

**Tabla 11.** Rangos del indicador TPFA

		N	Rango promedio	Suma de rangos
TPFA Post test –	Rangos negativos	3 <sup>a</sup>	6.50	19.50
TPFA Pre test	Rangos positivos	37 <sup>b</sup>	21.64	800.50
	Empates	0 <sup>c</sup>		
	Total	40		

*Nota.* En esta tabla de detallan los datos de la prueba de normalidad del indicador TPFA.

- I. TPFA Post test < TPFA Pre test
- II. TPFA Post test > TPFA Pre test
- III. TPFA Post test = TPFA Pre test

**Tabla 12.** Estadísticos de contraste del TPFA

	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
	Z	Sig. Asintótica (bilateral)
TPFA Post test – TPFA Pre test	-5.250	0.000

*Nota.* Se detallan los estadísticos de contraste del indicador TPFA.

Se evaluó la hipótesis relacionada con el indicador TPFA como se detalla en la tabla 11. Las estadísticas resultantes se detallan en la tabla de rangos, en esta se muestra 3 valores que conforman el rango negativo y 37 valores que representan el rango positivo, lo que indica que la información resultante de la etapa de post-test es superior a la información resultante de la etapa previa de pre-test.

Aunado a eso, se detallan los estadísticos de contraste de en la tabla 12, en esta se muestra un valor de z de -5.142, lo que confirma el descarte de la hipótesis nula. Además, el nivel de significancia es igual a 0.000, un valor por debajo de 0.05. Debido a esto, se confirma la negación de la hipótesis nula y se corrobora la aceptación hipótesis alternativa.

## V. DISCUSIÓN

Para los indicadores tasa de programas de fertilización afinados (TPFA) y tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes (TRAF) Los resultados alcanzados fueron contrastados con estudios previos de naturaleza similar.

### Respecto al indicador 1: TRAF

Durante la exposición de los resultados obtenidos al medir el indicador TRAF en las etapas de pre test y post test se evidenció que antes de aplicar el aplicativo web el indicador tuvo un valor promedio de 37% y luego de la implementación se obtuvo un 76%. De estas mediciones se evidencia un incremento del 39% en el indicador en cuestión.

Además, los resultados del análisis inferencial del indicador TRAF indican, según la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, que su distribución no sigue una forma normal. Debido a esta observación, se llevó a cabo la prueba de rangos de Wilcoxon para examinar la hipótesis (ver tabla 10). En esta prueba, se obtuvo un valor z de -5.142b y un nivel de significancia asintótica (bilateral) de 0.000. Dado que este valor es inferior a 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Por lo tanto, se concluye que el aplicativo web aumenta el indicador TRAF.

Los resultados obtenidos sobre el indicador 1 se respaldan con lo indicado por (Saban et al., 2023) que sustenta que los sistemas de gestión inteligente de cultivos agrícolas permiten la recolección efectiva de la información relevante para el adecuado monitoreo del desarrollo de estos facilitando la posterior toma de decisiones. Además, (Shashidhara et al., 2024) respaldan los resultados del indicador al afirmar que los sistemas de monitoreo basados en la web recolectan de forma precisa y constante los datos necesarios para una correcta gestión de los cultivos. Por otro lado, (Montoya et al., 2013) nos indica que la adquisición de datos en tiempo real mediante aplicaciones web y sistemas móviles avanzados facilita un monitoreo efectivo, subrayando el valor de la recolección de datos en la agricultura moderna.

En relación con lo antes mencionado, la variable independiente aplicativo web se conceptualiza según (Demuzere, Kittner y Bechtel, 2021) como un

software en línea el cual se compone de front-end, back-end y base de datos. Este tipo de software está basado en lenguajes de programación orientados a la web como CSS, HTML y Javascript principalmente (Sarhan y Gawdan, 2018). De igual manera, el indicador TRAF que permite medir el comportamiento de la variable dependiente se conceptualiza según (Pomares, 2008) como el cumplimiento de los programas de fertilización para asegurar la nutrición adecuada de los cultivos y el cumplimiento se define como la correlación entre los logros obtenidos y los objetivos establecidos determinado en las condiciones actuales (Quintero et al., 2021).

### **Respecto al indicador 2: TPFA**

Según los resultados obtenidos al medir el indicador TPFA, se revela que, tras la implementación del aplicativo web, se logró un rendimiento del 80%, superando el resultado obtenido en la medición anterior a la implementación, donde se alcanzó un 46%. Estas mediciones indican una mejora del 34% en el indicador después de aplicar la variable independiente.

En lo que respecta al análisis inferencial del indicador, se llevó a cabo la prueba de Shapiro-Wilk para identificar la naturaleza de su distribución. Los resultados obtenidos sugieren que sigue una distribución típica, por lo que se aplicó la prueba de rangos de Wilcoxon para evaluar la hipótesis (ver tabla 12). Se estableció un valor  $z$  de  $-5.250b$  y un nivel de significancia asintótica (bilateral) con un valor de 0.0000, que es inferior a 0.05. Esto lleva a la conclusión de que la hipótesis nula se rechaza, y se acepta la hipótesis alternativa. De esta forma se concluye que el aplicativo web mejoró el indicador TPFA.

Los valores alcanzados en los resultados del indicador 2 se respaldan con la investigación de (Alcaide et al., 2020) que sostiene que la implementación de aplicativos enfocados en la fertilización fortalecen la planificación de las aplicaciones de productos al brindar asistencia e información valiosa para este propósito. De la misma forma, (Tröster y Sauer, 2021) respaldan este resultado al sostener en su estudio que la utilización de tecnología de la información aplicada a la planificación de fertilización de cultivos mejora la eficacia y eficiencia de los programas de fertilización. En el mismo orden, el estudio de (Baseca et al. 2019)

demuestra que la efectividad de la planificación de los programas de fertilización aumenta con la aplicación de sistemas de información pues estos sugieren modelos de trabajo basados en la situación actual de los cultivos.

Acercas de la variable independiente aplicativo web, (Mina, 2021) indica que la prevalencia de metodologías ágiles en proyectos de implementación de software subraya la creciente importancia de enfoques flexibles y colaborativos en el desarrollo de aplicaciones pues promueven la adaptabilidad, la entrega incremental y la participación continua del cliente, optimizando así el proceso de desarrollo. Asimismo, la arquitectura modelo-vista-controlador (MVC) emerge como una estructura esencial en este contexto, facilitando la organización y separación de responsabilidades en el diseño de software. La adopción conjunta de metodologías ágiles y la arquitectura MVC proporciona un marco eficaz para la entrega rápida, iterativa y exitosa de proyectos de software en un entorno dinámico y competitivo.

El patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC), en el contexto de una aplicación web empresarial, representa un enfoque arquitectónico bien estructurado. Las distintas capas, delineadas por rectángulos con esquinas redondeadas, siguen las convenciones establecidas por el patrón MVC (Paolone et al. 2020). En este modelo, se forman capas diferentes, cada una compuesta por clases encargadas de funciones específicas: El controlador coordina las interacciones con el modelo, recuperando datos esenciales y generando la vista; La vista, fundamental para gestionar la interfaz gráfica de usuario, determina cómo se presenta la información y controla las interacciones del usuario, incluyendo mecanismos para la recopilación de datos; la capa del modelo encapsula la lógica empresarial de la aplicación, albergando métodos para el acceso a datos en bases de datos y el Navegador, en la interfaz, renderiza el HTML generado por las clases de la vista e inicia solicitudes dirigidas al controlador, facilitando un flujo coherente y estructurado de información y acciones dentro de la aplicación web empresarial (Subari, Manan y Ariyanto 2021).

Además, este tipo de software, conocido como aplicaciones basadas en web, se encuentra fácilmente accesible a través de un navegador web en el dispositivo del cliente y al utilizar esta modalidad, los usuarios pueden disfrutar de la conveniencia de acceder a las aplicaciones de manera instantánea sin requerir instalaciones adicionales, lo que optimiza la accesibilidad y la experiencia del usuario (Molina et al., 2018). Referente al indicador TPFA se define como la adecuación de los programas de fertilización para asegurar que los cultivos alcancen su máximo rendimiento y productividad (Pomares, 2008) . La eficacia es descrita como los resultados obtenidos que permiten cumplir las metas o estándares de calidad (Rojas, Jaimes y Valencia, 2018).

### **Respecto al objetivo General**

Con respecto al objetivo general, previamente se detallaron los argumentos para asegurar que un aplicativo web mejora el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balú Seeds S.A.C. Ica-2023 pues los indicadores de la variable dependiente obtuvieron resultados óptimos tal como se detalla a continuación.

En relación con el indicador tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes (TRAF) se obtuvo un incremento del 39% luego de la implementación del aplicativo web.

Y con respecto al indicador denominado tasa de programas de fertilización afinados (TPFA) se logró mejorar la medición en un 34% luego de la aplicación de la variable independiente.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, se asegura que un aplicativo web mejora el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu Seeds S.A.C. Ica-2023. Lo antes mencionado se ajusta con lo afirmado por los autores (Saban et al., 2023; Bhakta et al., 2019; Klerkx, Jakku y Labarthe, 2019;Shashidhara et al., 2024;Montoya et al., 2013) que en resumen indican que un aplicativo web en el sector agrícola mejora el control y precisión del uso del uso de fertilizantes en los cultivos permitiendo reducir el gasto de los agricultores y el impacto ambiental generado.

Adicionalmente, en el estudio de Smith, Melton y Cahn (2023) se observó una reducción significativa en la aplicación de agua y/o nitrógeno sin comprometer

el rendimiento de los cultivos, gracias a la precisa determinación de las dosis de fertilizante programada utilizando el aplicativo web CropManage (CM). Los tratamientos CM lograron reducir el uso de nitrógeno en un 24% en brócoli y un 31% en lechuga en comparación con las prácticas de los productores, y una reducción del 27% en el agua aplicada al brócoli. Estos resultados respaldan la eficacia del aplicativo web en mejorar la eficiencia operativa y en el cumplimiento de los objetivos regulatorios para mejorar la calidad del agua subterránea, brindando una garantía adicional tanto a los productores como a la industria vegetal en general. (Cahn, Smith y Melton, 2023)

Además, según Barrios et al. (2018) el desarrollo de una aplicación web de apoyo a la toma de decisiones para calcular la cantidad de fertilizante representa un avance significativo en la agricultura filipina, especialmente en la industria del plátano. Esta herramienta automatiza el cálculo de los nutrientes del suelo, reduciendo la carga de trabajo de los agrónomos y mejorando la precisión de las recomendaciones de fertilización. Además, facilita la comunicación entre los profesionales agrícolas y los agricultores al enviarles los resultados del análisis de suelo y las recomendaciones de fertilizantes, lo que puede conducir a una gestión más eficiente de los cultivos y recursos agrícolas. En resumen, esta aplicación tiene el potencial de mejorar la productividad y sostenibilidad de la agricultura del plátano en Filipinas y puede servir como un modelo para la implementación de soluciones tecnológicas en otros sectores agrícolas y regiones. (Barrios et al. 2018)

Por otra parte, según Rurinda et al. (2020) el sistema de apoyo a la toma de decisiones Nutrient Expert mejoró la fertilización de cultivos al equilibrar la fertilización y maximizar la eficiencia agronómica de los nutrientes aplicados, lo que resultó en altos rendimientos con un menor costo de insumos de fertilizantes en comparación con los métodos de recomendación actuales. Al utilizar funciones de sobreabundancia calculadas con Quantitative Evaluation of Soil Fertility of Tropical Soils (QUEFTS), Nutrient Expert pudo ofrecer recomendaciones precisas y ajustadas a las condiciones específicas del suelo y del clima en una amplia variedad de áreas de cultivo en el África subsahariana. Además, Nutrient Expert se mostró efectivo como un sistema simple y rentable para ajustar las

recomendaciones de fertilizantes a las condiciones de fertilidad del suelo de manera específica, lo que demuestra su capacidad para mejorar la productividad agrícola y promover prácticas sostenibles de manejo de nutrientes en la región. (Rurinda et al., 2020)

De acuerdo con Timsina et al. (2021), el uso de las recomendaciones de fertilizantes de Nutrient Expert (NE) para maíz, trigo y arroz demostró aumentos significativos en el rendimiento y las ganancias, así como una mejora en la eficiencia del uso de nutrientes en comparación con otras prácticas de fertilización convencionales. El análisis de riesgos respaldó consistentemente la superioridad de NE en términos de rendimiento de cultivos. Además, modelos de simulación identificaron fechas óptimas de siembra y trasplante, así como rendimientos potenciales para los tres cultivos. Las diferencias de rendimiento entre NE y prácticas convencionales fueron notables, con NE mostrando un rendimiento más estable y menos variabilidad en diferentes ubicaciones y condiciones. Los factores clave para el rendimiento de los cultivos fueron la absorción de nutrientes, especialmente nitrógeno en arroz y fósforo y potasio en trigo y maíz, destacando la importancia de un manejo óptimo de nutrientes para maximizar la producción agrícola. (Timsina et al., 2021)

Además, según Alcaide et al. (2019) el desarrollo de la aplicación REUTICVAR representa un avance significativo en la gestión del fertirriego al utilizar aguas regeneradas de forma eficiente. Durante su validación en una parcela de olivar durante la campaña 2018, se observó que los nutrientes presentes en el agua de riego eran suficientes para satisfacer las necesidades de las plantas, eliminando la necesidad de aplicar fertilizantes adicionales. Esta reducción en el uso de fertilizantes no solo disminuye los costos de producción, sino que también tiene un impacto positivo en el medio ambiente al minimizar la cantidad de químicos liberados al suelo y al agua. Además, al promover el uso de aguas regeneradas, REUTICVAR contribuye a la conservación de recursos hídricos y ofrece beneficios sociales al mejorar la sostenibilidad de la agricultura en la región de Andalucía. En resumen, REUTICVAR ofrece una solución rentable y sostenible para el riego de olivares, con importantes implicaciones económicas, ambientales y sociales. (Alcaide Zaragoza et al. 2019)

En relación con el objetivo, Perez-Casto et al. (2017) indica que la aplicación cFertigUAL representa un avance significativo en la gestión de la fertirrigación en invernaderos al proporcionar una solución completa y personalizable para los agricultores. Al permitir la configuración de diferentes sistemas de fertirrigación según la complejidad del sistema y las necesidades de los cultivos específicos, cFertigUAL se adapta perfectamente a una amplia gama de escenarios agrícolas. Además, su capacidad para generar una base de datos para el análisis del agua de riego, el drenaje y el suelo, facilita un monitoreo exhaustivo de las condiciones del cultivo y del entorno. Con funcionalidades adicionales en desarrollo, como la optimización económica y la integración de datos climáticos externos, la aplicación promete no solo mejorar la eficiencia en el uso de recursos, sino también aumentar la rentabilidad y la sostenibilidad de la producción en invernaderos. (Pérez-Castro et al. 2017)

Además, de acuerdo con Rotundo et al. (2022) se llevaron a cabo grandes experimentos de campo en Mato Grosso, Brasil, para desarrollar recomendaciones de fertilización para cultivos de soja y maíz. Estos experimentos abordaron variaciones ambientales significativas y proporcionaron datos cruciales sobre las respuestas de rendimiento a diferentes dosis de fertilizantes. Mediante el uso de análisis de modelos mixtos, se pudo explicar parte de esta variabilidad y se generaron recomendaciones de manejo de fertilizantes. Estas recomendaciones se integraron en una aplicación web de fácil acceso, diseñada para su uso tanto por agricultores como por asesores. La aplicación calcula las tasas óptimas de fertilización para maíz y soja en la región, considerando aspectos económicos como los precios de los cereales y los fertilizantes. Este enfoque demuestra cómo el uso de aplicaciones web puede mejorar significativamente la eficacia y precisión de la fertilización de cultivos, proporcionando herramientas prácticas y accesibles para la toma de decisiones agrícolas. (Rotundo et al., 2022)

Se debe considerar también el estudio de Sharma et al. (2019) que presenta una aplicación web, Nutrient Manager for Rice (NMR), diseñada para

mejorar la fertilización de cultivos de arroz mediante el manejo de nutrientes específico para cada sitio (SSNM). Esta herramienta calcula tasas de fertilización personalizadas para campos individuales basándose en múltiples variables, como el rendimiento objetivo, la duración esperada del crecimiento del cultivo y el método de establecimiento del cultivo. Al comparar las recomendaciones de fertilización de NMR con prácticas de fertilización tradicionales y recomendaciones uniformes, se observó que NMR proporcionaba rendimientos de arroz significativamente mejores en la mayoría de los casos. Además, NMR logró reducir las tasas de fertilización y los costos totales de fertilización en comparación con las prácticas tradicionales y las recomendaciones uniformes. Esto sugiere que las aplicaciones web, como NMR, pueden mejorar la fertilización de los cultivos al proporcionar recomendaciones más precisas y eficientes que se adaptan a las condiciones específicas de cada campo, lo que resulta en una producción agrícola más sostenible y rentable. (Sharma et al., 2019)

En el contexto de la implementación de la Internet de las cosas (IoT) como una herramienta para potenciar la variable independiente, Jin et al. (2024) nos dice que la utilización de tecnologías como la asimilación de datos y el análisis de imágenes de UAV, ofrece un enfoque innovador y preciso para optimizar la fertilización de cultivos. Estos métodos permiten una evaluación detallada y en tiempo real de las condiciones del cultivo, la salubridad y nutrición de los cultivos, que posibilita una toma de decisiones más consciente y adaptable. Al utilizar algoritmos avanzados para procesar grandes cantidades de datos, se pueden identificar patrones y tendencias que no serían fácilmente discernibles mediante métodos tradicionales. Además, al combinar datos de múltiples fuentes, como imágenes de UAV y modelos de cultivo, se puede crear un enfoque integral que tenga en cuenta una variedad de factores, como la variabilidad espacial dentro del campo. Esto permite una aplicación más precisa de fertilizantes, adaptada a las necesidades específicas de cada área del cultivo, lo que no solo maximiza la calidad y el desempeño de los cultivos, sino que también reduce el desperdicio de recursos y minimiza el impacto ambiental. (Jin et al., 2024)

En relación con lo anterior y en busca de fortalecer a futuro la aplicación web desarrollada, el estudio de Zhang et al. (2023) presenta un enfoque

innovador que utiliza inteligencia de negocios para optimizar la planificación y uso de fertilizantes en los cultivos. Reuniendo datos de diversas fincas y fusionándolos en un conjunto de datos agrícolas del mundo real, se propone un enfoque de aprendizaje multitarea para predecir la fertilización precisa basada en tensores espaciotemporales. Este método construye un modelo de predicción utilizando información de entrada espaciotemporal de fincas individuales y emplea regresión multitarea utilizando factores latentes espaciotemporales obtenidos de la descomposición de tensores como relaciones para lograr resultados de predicción finales. Los resultados experimentales indican que el aprendizaje multitarea utilizando tensores espaciotemporales puede aumentar la precisión y la estabilidad de la predicción de la aplicación de fertilizantes agrícolas. Esta técnica puede ayudar a los agricultores y gerentes a utilizar los fertilizantes de manera más racional y productiva, reduciendo la contaminación por fertilizantes mientras se mantiene o se aumenta la producción agrícola. Además, se ha desarrollado un sistema de fertilización precisa que integra el algoritmo propuesto de regresión multitarea de tensores espacio-temporales para la predicción de la fertilización y datos agrícolas multidimensionales para apoyar efectivamente a las fincas del mundo real en lograr los objetivos de agricultura de bajo costo y alta eficiencia de producción. (Zhang et al., 2023)

Finalmente, el estudio de Chougule, Jha y Mukhopadhyay (2019) plantea una estrategia novedosa para optimizar la fertilización de cultivos empleando métodos de minería de datos. Utilizando dos técnicas de minería de datos, el sistema propuesto ofrece recomendaciones de cultivos adecuados según la zona geográfica y el tipo de cultivo, así como recomendaciones de fertilizantes basadas en el contenido de NPK del suelo. Estas recomendaciones son accesibles para los agricultores a través de sus teléfonos móviles, lo que simplifica la toma de decisiones agrícolas. El objetivo principal del sistema es aumentar el rendimiento agrícola mejorado a través de la aplicación precisa de fertilizantes. La evaluación del rendimiento muestra que el sistema desarrollado tiene una alta precisión. Además, se planea desarrollar una aplicación para Android en idioma regional en el futuro, lo que podría mejorar aún más la accesibilidad y la utilidad del sistema para los agricultores. En resumen, el estudio demuestra cómo la minería de datos

puede ser una herramienta efectiva para optimizar la fertilización de cultivos, aumentando así la eficiencia y la producción agrícola. (Chougule, Jha y Mukhopadhyay 2019)

### **Respecto a la metodología de investigación**

En el transcurso de este estudio, se empleó un diseño pre-experimental con el objetivo de obtener los resultados alcanzados. La recopilación de datos se llevó a cabo mediante un proceso de selección aleatoria simple en dos fases distintas, pre-test y post-test, con la finalidad de analizar los cambios en la variable dependiente antes y después de aplicar la variable independiente. Para recolectar la información, se utilizaron fichas de registro, y posteriormente, los datos se sometieron a un análisis mediante la herramienta SPSS V.26. Esto permitió la obtención de resultados estadísticos tanto descriptivos como inferenciales que contribuyeron al análisis riguroso de la investigación.

Además, en el desarrollo del Se empleó SCRUM para analizar requerimientos y asegurar calidad en el desarrollo del software. Las tecnologías involucradas fueron el framework Angular 16 para el front-end, el lenguaje de programación PHP 8.1 para el back-end y el motor de base de datos MySQL.

Se resalta que Angular es un marco web creado por Google y ampliamente usado para aplicaciones de una sola página (SPA), destaca por su capacidad para simplificar la creación de vistas dinámicas, permitiendo a los desarrolladores enfocarse en la experiencia del usuario en lugar de preocuparse por la tecnología subyacente (Geetha et al., 2022). Este marco se distingue por un conjunto integral de características integradas que lo consolidan como una herramienta excepcional para potenciar proyectos basados en jQuery, elevando su robustez y simplificando el proceso de mantenimiento pues la flexibilidad de Angular se destaca en entornos empresariales, permitiendo la construcción ágil y eficaz de SPA con una estructura sólida y de alto rendimiento y la comunidad de desarrolladores respalda activamente Angular, contribuyendo a su continua evolución y consolidándolo como una elección confiable para la creación de aplicaciones web modernas y dinámicas (Abdurakhimovich, 2023).

Por otro lado, MySQL es una plataforma de código abierto, se ha destacado como una herramienta ampliamente empleada para la gestión y ejecución de consultas en bases de datos destacando por su versatilidad donde se evidencia en su capacidad para operar en diversas plataformas y organizar datos de manera interconectada mediante tablas y al ser gratuita y permitir el uso simultáneo por parte de múltiples usuarios sin conflictos, MySQL ha ganado reconocimiento como una herramienta confiable y popular pues su eficiencia en la administración de bases de datos lo convierte en una elección frecuente en diversas aplicaciones y entornos tecnológicos. (Rawat, Purnama y mulyati, 2021).

Además, PHP es acrónimo de Hypertext Preprocessor, sobresale como un lenguaje vital en el diseño web, destacándose por su fiabilidad, eficiencia en costos y la habilidad para desarrollar sitios web interactivos pues su pertinencia se manifiesta en proyectos dedicados a la innovación en sistemas de información, con la intención de generar beneficios tanto para pequeños grupos como para organizaciones y empresas (Amini et al., 2021). Este versátil lenguaje, utilizado en una variedad de aplicaciones web, se destaca por su capacidad para facilitar el desarrollo rápido de páginas dinámicas y funcionales ya sea en la creación de aplicaciones empresariales o plataformas de comercio electrónico, PHP ha demostrado ser una opción valiosa y adaptable, satisfaciendo las demandas cambiantes del panorama tecnológico. Su contribución a la accesibilidad y eficiencia en el desarrollo web lo convierte en una herramienta esencial en el mundo digital actual (Khan y Khanam, 2023).

Sobre los indicadores TRAF y TPFA, estos permitieron una medición adecuada de la variable dependiente, esto fue imprescindible para lograr mejorar las debilidades de la empresa Balu Seeds S.A.C.

Finalmente, esta investigación enriqueció el conocimiento científico sobre el uso de aplicaciones web en la agricultura. Ha demostrado que es viable mejorar la gestión y control de fertilizantes, impactando positivamente tanto a nivel económico para la empresa como a nivel ambiental para la comunidad. Los hallazgos de este estudio serán compartidos mediante su publicación facilitando que otros investigadores puedan aprovecharse de forma gratuita.

## VI. CONCLUSIONES

Se presentan las siguientes conclusiones en base a los resultados de la investigación:

**Primero:** Se concluye que la implementación del aplicativo web fortaleció el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu Seeds S.A.C., obteniendo resultados positivos en los 2 indicadores denominados TRAF y TPFA. Estos resultados permitieron una adecuada contrastación de la hipótesis y estos se alinearon con los objetivos propuestos.

**Segundo:** Se concluye que la TRAF en el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu Seeds S.A.C. incrementó en un 39%, luego de la implementación del aplicativo web.

**Tercero:** Se concluye que la TPFA en el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu Seeds S.A.C. aumentó de manera significativa, logrando un incremento del 34%, después de la aplicación de la variable independiente.

## VII. RECOMENDACIONES

Por lo tanto, las siguientes recomendaciones son detalladas y pueden ayudar a futuros estudios:

**Primero:** Para el uso adecuado de la herramienta es recomendable alimentar con la información histórica del proceso al aplicativo con el objetivo de mejorar la capacidad de análisis comparativo de los cultivos actuales en relación con el rendimiento de otros anteriores en condiciones similares.

**Segundo:** A fin de incrementar los resultados del aplicativo web en relación con la tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes, se recomienda al personal operativo compartir sus opiniones con respecto a la agilidad y precisión con la que pueden compaginar sus actividades asignadas y el registro de las aplicaciones desde el aplicativo. Adicionalmente, se recomienda plantear un módulo adicional que permita automatizar la recolección de esta información a través del uso de sensores integrados en el proceso.

**Tercero:** Con el objetivo de mejorar los resultados del aplicativo web con respecto a la tasa de programas de fertilización afinados, se recomienda al asesor de fertilización aprovechar las funcionalidades de análisis incluidas en los reportes del aplicativo. Asimismo, se recomienda utilizar herramientas de inteligencia de negocios para generar reportes personalizados que permitan potenciar el análisis predictivo con base en la información recopilada por el aplicativo web.

## REFERENCIAS

- ABDURAKHIMOVICH, U.A., 2023. The Vital Role of Web Programming in the Digital Age. *Journal of Science-Innovative Research in Uzbekistan* [en línea], vol. 1, no. 6, [consulta: 20 enero 2024]. ISSN 2992-8869. DOI 10.5281/ZENODO.7563827. Disponible en: <https://universalpublishings.com/index.php/jsiru/article/view/1933>.
- ALARCON, J., RECHARTE, D., YANQUI, F., MORENO, S. y BUENDÍA, M., 2020. Fertilizar con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate ( *Lycopersicum esculentum* Mill). *Scientia Agropecuaria* [en línea], vol. 11, no. 1, [consulta: 12 agosto 2023]. ISSN 2077-9917. DOI 10.17268/SCI.AGROPECU.2020.01.08. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2077-99172020000100067&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172020000100067&lng=es&nrm=iso&tlng=es).
- ALCAIDE, C., GONZÁLEZ, R., FERNÁNDEZ, I., CAMACHO, E. y RODRÍGUEZ, J., 2020. Open source application for optimum irrigation and fertilization using reclaimed water in olive orchards. *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 173, ISSN 0168-1699. DOI 10.1016/J.COMPAG.2020.105407.
- ALCAIDE ZARAGOZA, C., FERNÁNDEZ GARCÍA, I., GONZÁLEZ PEREA, R., CAMACHO POYATO, E., MONTESINOS BARRIOS, M.P. y RODRÍGUEZ DÍAZ, J.A., 2019. Aplicación para la gestión del riego y la fertilización del olivar regado con aguas regeneradas. [en línea], [consulta: 11 marzo 2024]. DOI 10.17398/AERYD.2019.A15. Disponible en: <https://dehesa.unex.es:8443/handle/10662/9232>.
- AL-SAQQA, S., SAWALHA, S. y ABDELNABI, H., 2020. Agile Software Development: Methodologies and Trends. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, vol. 14, no. 11, ISSN 18657923. DOI 10.3991/IJIM.V14I11.13269.
- AMINI, Mahyar, RAHMANI, A., ABEDI, M., HOSSEINI, M., AMINI, Mahnoosh y AMINI, Mahnaz, 2021. MAHAMGOSTAR.COM AS A CASE STUDY FOR

ADOPTION OF LARAVEL FRAMEWORK AS THE BEST PROGRAMMING TOOLS FOR PHP BASED WEB DEVELOPMENT FOR SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES. *Journal of Innovation & Knowledge* [en línea], [consulta: 20 enero 2024]. ISSN 2444-569Z. Disponible en: <https://papers.ssrn.com/abstract=3857736>.

ARCE, A., ZUÑA, E. y RAMOS, J., 2019. Sistemas web para controlar y gestionar la producción de banano. *Observatorio de la Economía Latinoamericana* [en línea], no. 6, [consulta: 12 julio 2023]. ISSN 1696-8352. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9004004&info=resumen&idioma=ENG>.

BALLENA, P., 2021. *Sistema experto para la sistematización del proceso de fertilización del sembrío del banano ecológico en el fundo San Gregorio Olmos* [en línea]. Chiclayo: Tesis de Pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. [consulta: 14 julio 2023]. Disponible en: <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/3374>.

BARRIOS, E., BECIERA, M., MONTILLA, E., VARGAS, A. y SEVILLENO, P., 2018. pataBanana: A Web-Based Decision Support Application for Calculating the Fertilizer Amount Based on Soil Test Result. *Philippine Journal of Agricultural Economics* [en línea], vol. 2, no. 1, [consulta: 11 marzo 2024]. ISSN 2508-0326. DOI 10.7719/PJAE.V2I1.547. Disponible en: <https://www.philair.ph/index.php/pjae/article/view/547>.

BASECA, C., SENDRA, S., LLORET, J. y TOMAS, J., 2019. A Smart Decision System for Digital Farming. *Agronomy 2019, Vol. 9, Page 216* [en línea], vol. 9, no. 5, [consulta: 20 enero 2024]. ISSN 2073-4395. DOI 10.3390/AGRONOMY9050216. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4395/9/5/216/htm>.

BHAKTA, I., PHADIKAR, S. y MAJUMDER, K., 2019. State-of-the-art technologies in precision agriculture: a systematic review. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [en línea], vol. 99, no. 11, [consulta: 26

octubre 2023]. ISSN 1097-0010. DOI 10.1002/JSFA.9693. Disponible en:  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jsfa.9693>.

BORJA, M. y GARCÍA, J., 2022. El Programa de Fertilizantes para el Bienestar y el mercado de frijol en México. *Agronomía Mesoamericana* [en línea], vol. 33, no. 2, [consulta: 6 julio 2023]. ISSN 1659-1321. DOI 10.15517/AM.V33I2.47216. Disponible en:  
[http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-13212022000200012&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212022000200012&lng=en&nrm=iso&tlng=es).

CABRERA, H., 2017. Controversia irresuelta en la teoría de sistemas. *Universitas-XXI, Revista de Ciencias Sociales y Humanas* [en línea], vol. 26, no. 26, [consulta: 12 agosto 2023]. ISSN 1390-8634. DOI 10.17163/UNI.N26.2017.09. Disponible en:  
[http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-86342017000200221&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-86342017000200221&lng=es&nrm=iso&tlng=es).

CAHN, M., SMITH, R. y MELTON, F., 2023. Field evaluations of the CropManage decision support tool for improving irrigation and nutrient use of cool season vegetables in California. *Agricultural Water Management*, vol. 287, ISSN 0378-3774. DOI 10.1016/J.AGWAT.2023.108401.

CAPUÑAY, O. y ANTÓN, J., 2021. Influencia de SCRUM en los plazos de entrega y rendimiento en los proyectos de las asignaturas de Desarrollo de Software. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, no. 29, ISSN 1851-0086. DOI 10.24215/18509959.29.E4.

CASTAÑEDA, M., 2022. La científicidad de metodologías cuantitativa, cualitativa y emergentes. *Revista Digital De Investigación En Docencia Universitaria* [en línea], vol. 16, no. 1, [consulta: 31 julio 2023]. ISSN 2223-2516. DOI <https://doi.org/10.19083/ridu.2022.1555>. Disponible en:  
<https://revistas.upc.edu.pe/index.php/docencia/article/view/1555/1457>.

CASTRO, J., GÓMEZ, L. y CAMARGO, E., 2023. La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura* [en línea], vol. 27, no. 75, [consulta: 30

julio 2023]. ISSN 0123-921X. DOI 10.14483/22487638.19171. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-921X2023000100140&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2023000100140&lng=en&nrm=iso&tlng=es).

CEDEÑO, J., CEDEÑO, Galo, ALCÍVAR, J., CARGUA, J., CEDEÑO, F., CEDEÑO, George y CONSTANTE, G., 2018. Incremento del rendimiento y calidad nutricional del arroz con fertilización NPK complementada con micronutrientes. *Scientia Agropecuaria* [en línea], vol. 9, no. 4, [consulta: 6 julio 2023]. ISSN 2077-9917. DOI 10.17268/SCI.AGROPECU.2018.04.05. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2077-99172018000400005&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172018000400005&lng=es&nrm=iso&tlng=es).

CHOUGULE, A., JHA, V.K. y MUKHOPADHYAY, D., 2019. Crop suitability and fertilizers recommendation using data mining techniques. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 714, ISSN 21945357. DOI 10.1007/978-981-13-0224-4\_19.

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL), 2021. *Tecnologías digitales para un nuevo futuro* [en línea]. Santiago: (LC/TS.2021/43). [consulta: 28 junio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/46816>.

DE LA PEÑA, G. y VELÁZQUEZ, R., 2018. Algunas reflexiones sobre la teoría general de sistemas y el enfoque sistémico en las investigaciones científicas. *Revista Cubana de Educación Superior* [en línea], vol. 37, no. 2, [consulta: 6 julio 2023]. ISSN 0257-4314. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0257-43142018000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0257-43142018000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es).

DEMUZERE, M., KITTNER, J. y BECHTEL, B., 2021. LCZ Generator: A Web Application to Create Local Climate Zone Maps. *Frontiers in Environmental Science*, vol. 9, ISSN 2296665X. DOI 10.3389/FENVS.2021.637455/BIBTEX.

ESTRADA-VELASCO, M., NÚÑEZ-VILLACIS, J., SALTOS-CHÁVEZ, P. y CUNUHAY-CUCHIPE, W., 2021. Revisión Sistemática de la Metodología

- Scrum para el Desarrollo de Software. *Domino de las Ciencias* [en línea], vol. 7, no. 4, [consulta: 1 agosto 2023]. ISSN 2477-8818. DOI 10.23857/DC.V7I4.2429. Disponible en: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2429/html>.
- FERMÍN, F., 2011. Teoría de control para sistemas informáticos. *Revista de investigación de Sistemas e Informática* [en línea], vol. 8, no. 1, [consulta: 6 julio 2023]. ISSN 1815-0268. DOI 10.15381/risi.v8i1.5648. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/sistem/article/view/5648>.
- FERNÁNDEZ, V., 2020. Tipos de justificación en la investigación científica. *Espíritu Emprendedor TES* [en línea], vol. 4, no. 3, [consulta: 12 agosto 2023]. ISSN 2602-8093. DOI 10.33970/eetes.v4.n3.2020.207. Disponible en: <https://www.espirituemprededortes.com/index.php/revista/article/view/207>.
- FLORES, C. y FLORES, K., 2021. PRUEBAS PARA COMPROBAR LA NORMALIDAD DE DATOS EN PROCESOS PRODUCTIVOS:: ANDERSON-DARLING, RYAN-JOINER, SHAPIRO-WILK Y KOLMOGÓROV-SMIRNOV. *Societas* [en línea], vol. 23, no. 2, [consulta: 23 septiembre 2023]. ISSN 2710-7639. DOI 10.48204/NH. Disponible en: <https://revistas.up.ac.pa/index.php/societas/article/view/2302>.
- GEETHA, G., MITTAL, M., PRASAD, K.M. y PONSAM, J.G., 2022. Interpretation and Analysis of Angular Framework. *3rd International Conference on Power, Energy, Control and Transmission Systems, ICPECTS 2022 - Proceedings*, DOI 10.1109/ICPECTS56089.2022.10047474.
- GIRALDO, E. y LLALLICO, E., 2018. *Sistema de información web para la gestión de encuestas agropecuarias en la asociación civil de productores agrícolas de la provincia de Carhuaz, 2018* [en línea]. Carhuaz: Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. [consulta: 14 julio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2875>.

- GÓMEZ, M., MOSSOS, N. y HERRERA, R., 2021. Desarrollo de una herramienta tecnológica facilitadora de buenas prácticas agrícolas en los pequeños agricultores del Municipio de Argelia. *Informador técnico* [en línea], vol. 85, no. 2, [consulta: 12 julio 2023]. ISSN 0122-056X. DOI 10.23850/22565035.3642. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8083746&info=resumen&idioma=ENG>.
- HERNÁNDEZ, S. y DUANA, D., 2020. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA* [en línea], vol. 9, no. 17, [consulta: 31 julio 2023]. ISSN 2007-4913. DOI 10.29057/ICEA.V9I17.6019. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/article/view/6019>.
- INEI, 2020. *Perú: Tecnologías de Información y Comunicación en las Empresas, 2018* [en línea]. S.l.: Instituto Nacional de Estadística e Informática. [consulta: 20 julio 2023]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/3296662-peru-tecnologias-de-informacion-y-comunicacion-en-las-empresas-2018>.
- JIN, Z., GUO, S., LI, S., YU, F. y XU, T., 2024. Research on the rice fertiliser decision-making method based on UAV remote sensing data assimilation. *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 216, ISSN 0168-1699. DOI 10.1016/J.COMPAG.2023.108508.
- KHAN, S. y KHANAM, A.T., 2023. Study on MVC Framework for Web Development in PHP. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology* [en línea], vol. 9, no. 4, [consulta: 20 enero 2024]. ISSN 2456-3307. DOI 10.32628/CSEIT2390450. Disponible en: <https://ijsrcseit.com/CSEIT2390450>.
- KLERKX, L., JAKKU, E. y LABARTHE, P., 2019. A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, vol. 90-91, ISSN 1573-5214. DOI 10.1016/J.NJAS.2019.100315.

- LAMPREA, P. y SANABRI, R., 2020. Teoría general de sistemas en el diálogo del conocimiento campesino del altiplano cundiboyacense colombiano con las ciencias edáfica y climática. *Perspectiva Geográfica* [en línea], vol. 25, no. 2, [consulta: 6 julio 2023]. ISSN 2500-8684. DOI 10.19053/01233769.9283. Disponible en: <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/perspectiva/article/view/9283>.
- LEAL, J., RODRIGUEZ, J. y GALLARDO, O., 2018. Fertilcacao: software para la automatización del proceso de fertilización de los suelos gremio cacao cultores. *Mundo FESC* [en línea], vol. 8, no. 16, [consulta: 20 julio 2023]. ISSN 2216 0353. Disponible en: <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/289>.
- LUJAN, A. y ROSARIO, C., 2019. *Sistema de información web para agilizar los procesos en el área agrícola de la empresa Rio Grande sac de Olmos* [en línea]. S.I.: Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Trujillo. [consulta: 12 julio 2023]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11188>.
- MANTEROLA, C., QUIROZ, G., SALAZAR, P. y GARCÍA, N., 2019. Metodología de los tipos y diseños de estudio más frecuentemente utilizados en investigación clínica. *Revista Médica Clínica Las Condes* [en línea], vol. 30, no. 1, [consulta: 30 julio 2023]. ISSN 0716-8640. DOI 10.1016/J.RMCLC.2018.11.005. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864019300057>.
- MARIÑO, S. y ALFONZO, P., 2014. Implementación de SCRUM en el diseño del proyecto del Trabajo Final de Aplicación. *Scientia et Technica* [en línea], vol. 19, no. 4, [consulta: 2 agosto 2023]. ISSN 2344-7214. DOI 10.22517/23447214.9021. Disponible en: <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/9021>.
- MARTÍNEZ, E. y ESPARZA, L., 2021. Teorías de Sistemas Complejos: marco epistémico para abordar la complejidad socioambiental. *Intersticios sociales* [en línea], no. 21, [consulta: 12 agosto 2023]. ISSN 2007-4964.

Disponible en:  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-49642021000100373&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-49642021000100373&lng=es&nrm=iso&tlng=es).

MARTÍNEZ, G., FLÓREZ, D. y BRAVO, N., 2018. Desarrollo de un sistema web y móvil para la gestión de cultivos agrícolas. *trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, vol. 10, no. 18, ISSN 2145-4426. DOI 10.22430/21457778.669.

MINA, T., 2021. Desarrollo de aplicaciones web y móvil para la gestión de publicaciones científicas. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional* [en línea], vol. 6, no. 6, [consulta: 20 julio 2023]. ISSN 2550-682X. DOI <http://dx.doi.org/10.23857/pc.v6i6.2798>. Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2798>.

MOLINA, J., ZEA, M., CONTENUTO, M.J. y GARCÍA, F., 2018. Comparación de metodologías en aplicaciones web. *3c Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*, vol. 7, no. 1, ISSN 2254-4143. DOI <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2018.v7n1e25.1-19>.

MONTOYA, F.G., GÓMEZ, J., CAMA, A., ZAPATA-SIERRA, A., MARTÍNEZ, F., DE LA CRUZ, J.L. y MANZANO-AGUGLIARO, F., 2013. A monitoring system for intensive agriculture based on mesh networks and the android system. *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 99, ISSN 0168-1699. DOI 10.1016/J.COMPAG.2013.08.028.

MORENO, L. y PONCIANO, D., 2019. *Sistema de información vía web para mejorar el control de plagas en el cultivo de palta de la empresa los Viñedos S.A* [en línea]. Trujillo: Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo. [consulta: 20 julio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/47335>.

MUCHA-HOSPINAL, L., CHAMORRO-MEJÍA, R., OSEDA-LAZO, M. y ALANIA-CONTRERAS, R., 2021. Evaluación de procedimientos empleados para determinar la población y muestra en trabajos de investigación de posgrado. *Desafíos* [en línea], vol. 12, no. 1, [consulta: 31 julio 2023]. ISSN 2307-6100. DOI 10.37711/DESAFIOS.2021.12.1.253. Disponible en: <http://revistas.udh.edu.pe/index.php/udh/article/view/253e/189>.

- OCHOA, C. y ARIAS, M., 2018. Estadística. Tipos de variables. Escalas de medida. *Evid Pediatr.* [en línea], vol. 14, no. 2, [consulta: 31 julio 2023]. ISSN 1885-7388. Disponible en: <https://evidenciasenpediatria.es/articulo/7307/estadistica-tipos-de-variables-escalas-de-medida>.
- OHYVER, M., MONIAGA, J., SUNGKAWA, I., SUBAGYO, B. y CHANDRA, I., 2019. The Comparison Firebase Realtime Database and MySQL Database Performance using Wilcoxon Signed-Rank Test. *Procedia Computer Science*, vol. 157, ISSN 1877-0509. DOI 10.1016/J.PROCS.2019.08.231.
- OSORIO, L., RASCHE, J., GONZÁLEZ, A., LEGUIZAMÓN, C. y FATECHA, D., 2021. Fertilización con zinc en trigo, maíz y sésamo en suelos de diferentes texturas. *Investigación Agraria* [en línea], vol. 23, no. 2, [consulta: 12 agosto 2023]. ISSN 2305-0683. DOI 10.18004/INVESTIG.AGRAR.2021.DICIEMBRE.2302691. Disponible en: [http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2305-06832021000200053&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2305-06832021000200053&lng=en&nrm=iso&tlng=es).
- PAOLONE, G., MARINELLI, M., PAESANI, R. y DI FELICE, P., 2020. Automatic Code Generation of MVC Web Applications. *Computers 2020, Vol. 9, Page 56* [en línea], vol. 9, no. 3, [consulta: 20 enero 2024]. ISSN 2073-431X. DOI 10.3390/COMPUTERS9030056. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-431X/9/3/56/htm>.
- PÉREZ-CASTRO, A., SÁNCHEZ-MOLINA, J.A., CASTILLA, M., SÁNCHEZ-MORENO, J., MORENO-ÚBEDA, J.C. y MAGÁN, J.J., 2017. cFertigUAL: A fertigation management app for greenhouse vegetable crops. *Agricultural Water Management*, vol. 183, ISSN 0378-3774. DOI 10.1016/J.AGWAT.2016.09.013.
- POMARES, F., 2008. La fertilización y la fertirrigación, programas de nutrición, influencia sobre la programación. *Actas de Horticultura* [en línea], vol. 50, [consulta: 6 julio 2023]. Disponible en: <https://redivia.gva.es/handle/20.500.11939/7182>.

- QUINTERO, S., GÁMEZ, Y., MATOS, D., GONZÁLEZ, I., LABORI, R. y GUEVARA, S., 2021. Eficacia, efectividad, eficiencia y equidad en relación con la calidad en los servicios de salud. *Infodir* [en línea], no. 35, [consulta: 29 junio 2023]. ISSN 1996-3521. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1996-35212021000200013&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1996-35212021000200013&lng=es&nrm=iso&tlng=es).
- RAMOS, C., 2021. Editorial: Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica* [en línea], vol. 10, no. 1, [consulta: 30 julio 2023]. ISSN 1390-9592. DOI 10.33210/CA.V10I1.356. Disponible en: <https://www.cienciamerica.edu.ec/index.php/uti/article/view/356/699>.
- RAWAT, B., PURNAMA, S. y MULYATI, M., 2021. MySQL Database Management System (DBMS) On FTP Site LAPAN Bandung. *International Journal of Cyber and IT Service Management* [en línea], vol. 1, no. 2, [consulta: 20 enero 2024]. ISSN 2808-554X. DOI 10.34306/IJCITSM.V1I2.47. Disponible en: <https://iiast.iaic-publisher.org/ijcitsm/index.php/IJCITSM/article/view/47>.
- REALES, L., ROBALINO, G., PEÑAFIEL, A., CÁRDENAS, J. y CANTUÑA-VALLEJO, P., 2022. El Muestreo Intencional No Probabilístico como herramienta de la investigación científica en carreras de Ciencias de la Salud. *Universidad y Sociedad* [en línea], vol. 14, no. S5, [consulta: 31 julio 2023]. ISSN 2218-3620. Disponible en: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/3338>.
- RENDÓN-MACÍAS, M., VILLASÍS-KEEVER, M. y MIRANDA-NOVALES, M., 2016. Estadística descriptiva. *Revista Alergia México* [en línea], vol. 63, no. 4, [consulta: 25 agosto 2022]. ISSN 2448-9190. DOI 10.29262/RAM.V63I4.230. Disponible en: <https://revistaalergia.mx/ojs/index.php/ram/article/view/230/387>.
- ROJAS, M., JAIMES, L. y VALENCIA, M., 2018. Efectividad, eficacia y eficiencia en equipos de trabajo. *Espacios* [en línea], vol. 39, no. 6, [consulta: 20 julio 2023]. ISSN 0798 1015. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0->

85042167336&origin=resultslist&sort=plf-  
f&src=s&sid=89351d0a25ccb64a70bc7a965a9a68ca&sot=b&sdt=b&s=TIT  
LE-ABS-  
KEY%28Effectiveness%2C+efficacy+and+efficiency+in+teamworks%29&sl  
=66&sessionSearchId=89351d0a25ccb64a70bc7a965a9a68ca.

ROTUNDO, J.L., RECH, R., CARDOSO, M.M., FANG, Y., TANG, T., OLSON, N., PYRIK, B., CONRAD, G., BORRAS, L., MIHURA, E. y MESSINA, C.D., 2022. Development of a decision-making application for optimum soybean and maize fertilization strategies in Mato Grosso. *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 193, ISSN 0168-1699. DOI 10.1016/J.COMPAG.2021.106659.

RURINDA, J., ZINGORE, S., JIBRIN, J.M., BALEMI, T., MASUKI, K., ANDERSSON, J.A., PAMPOLINO, M.F., MOHAMMED, I., MUTEGI, J., KAMARA, A.Y., VANLAUWE, B. y CRAUFURD, P.Q., 2020. Science-based decision support for formulating crop fertilizer recommendations in sub-Saharan Africa. *Agricultural Systems*, vol. 180, ISSN 0308-521X. DOI 10.1016/J.AGSY.2020.102790.

SABAN, M., BEKKOUR, M., AMDAOUCH, I., EL GUERI, J., AIT AHMED, B., CHAARI, M.Z., RUIZ-ALZOLA, J., ROSADO-MUÑOZ, A. y AGHZOUT, O., 2023. A Smart Agricultural System Based on PLC and a Cloud Computing Web Application Using LoRa and LoRaWan. *Sensors 2023*, Vol. 23, Page 2725 [en línea], vol. 23, no. 5, [consulta: 26 octubre 2023]. ISSN 1424-8220. DOI 10.3390/S23052725. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/5/2725/htm>.

SAEED, S., JHANJHI, N.Z., NAQVI, M. y HUMAYUN, M., 2019. Analysis of software development methodologies. *International Journal of Computing and Digital Systems*, vol. 8, no. 5, ISSN 2210142X. DOI 10.12785/IJCDS/080502.

SÁNCHEZ, F., 2019. Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: consensos y disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria* [en línea], vol. 13, no. 1, [consulta: 31 julio 2023].

ISSN 2223-2516. DOI 10.19083/RIDU.2019.644. Disponible en:  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2223-25162019000100008](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-25162019000100008).

SANTOS, L.K.C., 2018. El uso de la tecnología en la agricultura. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación* [en línea], vol. 2, no. 14, [consulta: 28 junio 2023]. ISSN 2588-1000. DOI 10.29018/ISSN.2588-1000VOL2ISS14.2018PP25-32. Disponible en:  
<https://journalprosciences.com/index.php/ps/article/view/70>.

SARHAN, Q. y GAWDAN, I., 2018. Web Applications and Web Services: A Comparative Study. *Science Journal of University of Zakho* [en línea], vol. 6, no. 1, [consulta: 31 julio 2023]. ISSN 2663-6298. DOI 10.25271/2018.6.1.375. Disponible en:  
<https://sjuoz.uoz.edu.krd/index.php/sjuoz/article/view/48>.

SHARMA, S., PANNEERSELVAM, P., CASTILLO, R., MANOHAR, S., RAJ, R., RAVI, V. y BURESH, R.J., 2019. Web-based tool for calculating field-specific nutrient management for rice in India. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* [en línea], vol. 113, no. 1, [consulta: 12 marzo 2024]. ISSN 15730867. DOI 10.1007/S10705-018-9959-X/TABLES/5. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10705-018-9959-x>.

SHASHIDHARA, K.S., AKAASH, M., KUMAR, A., GIRISH, P., PARAMESHACHARI, B.D. y DAKULAGI, V., 2024. IoT-Based Smart Agriculture Monitoring System Using Web Application. *Lecture Notes in Electrical Engineering* [en línea], vol. 1105, [consulta: 20 enero 2024]. ISSN 18761119. DOI 10.1007/978-981-99-7633-1\_13/COVER. Disponible en: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-99-7633-1\\_13](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-99-7633-1_13).

SOTOMAYOR, O., RAMÍREZ, E. y MARTÍNEZ, H., 2021. *Digitalización y cambio tecnológico en las mipymes agrícolas y agroindustriales en América Latina* [en línea]. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), (LC/TS.2021/65). [consulta: 20 julio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/46965>.

- SUBARI, A., MANAN, S. y ARIYANTO, E., 2021. Implementation of MVC (Model-View-Controller) architecture in online submission and reporting process at official travel warrant information system based on web application. *Journal of Physics: Conference Series* [en línea], vol. 1918, no. 4, [consulta: 20 enero 2024]. ISSN 1742-6596. DOI 10.1088/1742-6596/1918/4/042145. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1918/4/042145>.
- SUNARDI, A. y SUHARJITO, 2019. MVC Architecture: A Comparative Study Between Laravel Framework and Slim Framework in Freelancer Project Monitoring System Web Based. *Procedia Computer Science*, vol. 157, ISSN 1877-0509. DOI 10.1016/J.PROCS.2019.08.150.
- TIMKYW, N., BOURNISSEN, J. y TUMINO, M., 2020. Scrum como Herramienta Metodológica para el Aprendizaje de la Programación. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, no. 26, ISSN 1851-0086. DOI 10.24215/18509959.26.E9.
- TIMSINA, J., DUTTA, S., DEVKOTA, K.P., CHAKRABORTY, S., NEUPANE, R.K., BISHTA, S., AMGAIN, L.P., SINGH, V.K., ISLAM, S. y MAJUMDAR, K., 2021. Improved nutrient management in cereals using Nutrient Expert and machine learning tools: Productivity, profitability and nutrient use efficiency. *Agricultural Systems*, vol. 192, ISSN 0308-521X. DOI 10.1016/J.AGSY.2021.103181.
- TRÖSTER, M.F. y SAUER, J., 2021. IoFarm: A novel decision support system to reduce fertilizer expenditures at the farm level. *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 188, ISSN 0168-1699. DOI 10.1016/J.COMPAG.2021.106322.
- VALAREZO, M., HONORES, J., GÓMEZ, A. y VINCES, L., 2018a. Comparación de tendencias tecnológicas en aplicaciones web. *3C Tecnología* [en línea], vol. 7, no. 3, [consulta: 28 junio 2023]. DOI <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2018.v7n3e27.28-49/>. Disponible en: <https://www.3ciencias.com/articulos/articulo/comparacion-de-tendencias-tecnologicas-en-aplicaciones-web/>.

- VALAREZO, M., HONORES, J., GÓMEZ, A. y VINCES, L., 2018b. Comparación de tendencias tecnológicas en aplicaciones web. *3c Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*, ISSN-e 2254-4143, Vol. 7, Nº. 3, 2018, págs. 28-49 [en línea], vol. 7, no. 3, [consulta: 6 julio 2023]. ISSN 2254-4143. DOI 10.17993/3ctecno.2018.v7n3e27.28-49/30. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6551743&info=resumen&idioma=SPA>.
- VALDEZ, L., 2018. CRECIMIENTO Y PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN PARA LISIANTHUS EN BASE A LA ACUMULACIÓN NUTRIMENTAL. *Agro Productividad* [en línea], vol. 11, no. 8, [consulta: 6 julio 2023]. ISSN 2594-0252. DOI 10.32854/AGROP.V11I8.1090. Disponible en: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1090>.
- VÁSQUEZ, C., 2021. Incidencia del control interno en la gestión municipal de la municipalidad distrital de Víctor Larco Herrera, Trujillo, Perú. *Revista CIENCIA Y TECNOLOGÍA* [en línea], vol. 17, no. 1, [consulta: 6 julio 2023]. ISSN 2306-2002. DOI 10.17268/rev.cyt.2021.01.06. Disponible en: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/3410>.
- ZHANG, Y., WANG, X., LIU, T., WANG, R., LI, Y., XUE, Q. y YANG, P., 2023. Sustainable fertilisation management via tensor multi-task learning using multi-dimensional agricultural data. *Journal of Industrial Information Integration*, vol. 34, ISSN 2452-414X. DOI 10.1016/J.JII.2023.100461.

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de consistencia

<b>TÍTULO:</b> Aplicativo web para el proceso de fertilización de cultivos del área de producción de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023.					
<b>AUTOR:</b> Villanueva Phun, Rodolfo Hugo Hernán					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES		
<p><b>Problema General:</b>  <b>PG:</b> ¿En qué medida un aplicativo web mejora el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023?</p> <p><b>Problemas específicos:</b>  <b>PE1:</b> ¿En qué medida un aplicativo web incrementa la <b>tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes</b> en el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023?</p> <p><b>PE2:</b> ¿En qué medida un aplicativo web aumenta la <b>tasa de programas de fertilización afinados</b> en el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023?</p>	<p><b>Objetivo General:</b>  <b>OG:</b> Determinar en qué medida un aplicativo web mejora el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023</p> <p><b>Objetivos específicos:</b>  <b>OE1:</b> Determinar en qué medida un aplicativo web incrementa la <b>tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes</b> en el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023</p> <p><b>OE2:</b> Determinar en qué medida un aplicativo web aumenta el <b>plazo de entrega de reportes</b> en el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023</p>	<p><b>Hipótesis General:</b>  <b>HG:</b> Un aplicativo web mejora el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b>  <b>HE1:</b> Un aplicativo web incrementa la <b>tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes</b> en el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023</p> <p><b>HE2:</b> Un aplicativo web aumenta la <b>tasa de programas de fertilización afinados</b> en el proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023</p>	<b>Variable Independiente:</b> <b>Aplicativo web</b>		
			<b>Variable dependiente:</b> <b>Fertilización de cultivos</b>		
			<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala</b>
			Eficacia	<b>Tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes (TRAF)</b>	De razón
			Calidad	<b>Tasa de programas de fertilización afinados (TPFA)</b>	De razón

## Metodología

TIPO Y DISEÑO	POBLACIÓN Y MUESTRA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	ESTADÍSTICA POR UTILIZAR
<p><b>Tipo:</b> Aplicada</p> <p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo</p> <p><b>Diseño:</b> Experimental – Pre-Experimental</p> <p><b>Método</b> Hipotético- Deductivo</p>	<p><b>Población:</b> 40 registros de programas de fertilización</p> <p><b>Tamaño de muestra:</b> 40 registros de programas de fertilización</p> <p><b>Muestreo:</b> No probabilístico por conveniencia</p>	<p><b>Técnicas:</b> Fichaje</p> <p><b>Instrumentos:</b> Ficha de registro</p>	<p><b>Descriptiva:</b> (Rendón-Macías, Villasís-Keever y Miranda-Novales 2016), mencionan que la estadística descriptiva es la rama de la estadística que hace recomendaciones sobre cómo resumir los datos de las encuestas de forma clara y sencilla a través de gráficos, tablas, figuras o gráficos.</p> <p>En el análisis descriptivo evaluaremos el resultado de las medias de los indicadores en dos etapas (pre test y post test) de esta forma lograremos conocer el impacto generado en la variable dependiente al aplicar la variable independiente.</p> <p><b>Inferencial:</b> Se utilizó el test de Shapiro Wilk para verificar la normalidad de los datos recolectados durante las etapas de pre test y post test, y para cotejar la hipótesis general y específica se aplicó la prueba de Wilcoxon.</p>

## Anexo 2: Matriz de Operacionalización de Variables

**TÍTULO:** Aplicativo web para la fertilización de cultivos del área de producción de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023.

**AUTOR:** Villanueva Phun, Rodolfo Hugo Hernán

INDICADOR	DEFINICIÓN	INSTRUMENTO	ESCALA	FÓRMULA
<b>Tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes (TRAF)</b>	Los programas de fertilización aseguran que los cultivos obtengan la cantidad necesaria de nutrientes (Pomares, 2008). Tiendo esto en cuenta es necesario controlar su cumplimiento. El cumplimiento es la relación entre los resultados obtenidos y los objetivos planteados(Quintero et al. 2021).	Ficha de registro	De razón	$\frac{NAFR}{NAFP} * 100 = TRAF$ <p><b>NAFR:</b> Número de aplicaciones de fertilizantes registradas. <b>NAFP:</b> Número aplicaciones de fertilizantes planificadas. <b>TRAF:</b> Tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes.</p>
<b>Tasa de programas de fertilización afinados (TPFA)</b>	Es necesario ajustar los programas de fertilización para alcanzar su mejor rendimiento. (Pomares, 2008). Por lo tanto, se debe controlar el cumplimiento de la calidad de estos ajustes. El cumplimiento es la relación entre los resultados obtenidos y los objetivos planteados(Quintero et al. 2021).	Ficha de registro	De razón	$\frac{NPFA}{NPFS} * 100 = TPFA$ <p><b>NPFA:</b> Número de programas de fertilización afinados. <b>NPFS:</b> Número de programas de fertilización solicitados. <b>TPFA:</b> Tasa de programas de fertilización afinados.</p>

### Anexo 3: Instrumentos de recolección de datos

#### Ficha de registro N° 1: Tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes (TRAF)

Ficha de registro del indicador: Tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes (TRAF)				
Investigador	Villanueva Phun, Rodolfo Hugo Hernán			
Empresa	Balu Seeds S.A.C.			
Pre Test				
Proceso Observado		Fórmula		
Proceso de fertilización de cultivos		$\frac{NAFR}{NAFP} * 100 = TRAF$		
Indicador	Medida	NAFR: Número de aplicaciones de fertilizantes registradas. NAFP: Número aplicaciones de fertilizantes planificadas. TRAF: Tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes.		
<b>Tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes</b>	<b>Porcentaje</b>			
Ítem	Fecha	NAFR	NAFP	TRAF (%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
...				
50				
Promedio				

<b>Ficha de registro del indicador: Tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes (TRAF)</b>				
Investigador	Villanueva Phun, Rodolfo Hugo Hernán			
Empresa	Balu Seeds S.A.C.			
Post Test				
Proceso Observado		Fórmula		
Proceso de fertilización de cultivos		$\frac{NAFR}{NAFP} * 100 = TRAF$		
Indicador	Medida	NAFR: Número de aplicaciones de fertilizantes registradas. NAFP: Número aplicaciones de fertilizantes planificadas. TRAF: Tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes.		
<b>Tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes</b>	<b>Porcentaje</b>			
Ítem	Fecha	NAFR	NAFP	TRAF (%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
...				
50				
Promedio				

**Ficha de registro N° 2: Tasa de programas de fertilización afinados (PER)**

<b>Ficha de registro del indicador: Tasa de programas de fertilización afinados (TPFA)</b>				
Investigador	Villanueva Phun, Rodolfo Hugo Hernán			
Empresa	Balu Seeds S.A.C.			
Pre Test				
Proceso Observado		Fórmula		
Proceso de fertilización de cultivos		$\frac{NPFA}{NPFS} * 100 = TPFA$		
Indicador	Medida	<b>NPFA:</b> Número de programas de fertilización afinados. <b>NPFT:</b> Número de programas de fertilización solicitados. <b>TPFA:</b> Tasa de programas de fertilización afinados.		
<b>Tasa de programas de fertilización afinados</b>	<b>Porcentaje</b>			
Ítem	Fecha	NPFA	NPFS	TPFA (%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
...				
50				
Promedio				

Ficha de registro del indicador: Tasa de programas de fertilización afinados (TPFA)				
Investigador	Villanueva Phun, Rodolfo Hugo Hernán			
Empresa	Balu Seeds S.A.C.			
Post Test				
Proceso Observado		Fórmula		
Proceso de fertilización de cultivos		$\frac{NPFA}{NPFS} * 100 = TPFA$		
Indicador	Medida	<b>NPFA:</b> Número de programas de fertilización afinados. <b>NPFT:</b> Número de programas de fertilización solicitados. <b>TPFA:</b> Tasa de programas de fertilización afinados.		
<b>Tasa de programas de fertilización afinados</b>	<b>Porcentaje</b>			
Ítem	Fecha	NPFA	NPFS	TPFA (%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
...				
50				
Promedio				

## Anexo 4: Certificado de validez de contenido del instrumento

### Validación del Experto N°1

Variable: Proceso de fertilización de cultivos

N°	INDICADORES	Claridad:		Pertinencia:		Relevancia:		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	Tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes	X		X		X		
2	Tasa de programas de fertilización afinados	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:   Aplicable            Aplicable después de corregir            No aplicable

Apellidos y nombres del juez evaluador: FIERRO BARRALES, ALAN LEONCIO           DNI: 44147992  
Especialista: Metodólogo    Temático

Grado: Maestro    Doctor

· Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo  
· Pertinencia: Si el ítem pertenece a la dimensión.  
· Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo  
Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

  
Lima, 15 de Julio 2023  
Fierro Barrales, Alan Leoncio  
DNI 44147992  
Universidad Cesar Vallejo

Lima, 30 de junio 2023

### Validación del Experto N°2

Variable: Proceso de fertilización de cultivos

N°	INDICADORES	Claridad:		Pertinencia:		Relevancia:		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	Tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes	X		X		X		
2	Tasa de programas de fertilización afinados	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:   Aplicable            Aplicable después de corregir            No aplicable

Apellidos y nombres del juez evaluador: LUNA HUAMÁN, GIANCARLO ANTONIO           DNI: 41166241  
Especialista: Metodólogo    Temático

Grado: Maestro    Doctor

· Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo  
· Pertinencia: Si el ítem pertenece a la dimensión.  
· Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo  
Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

  
Giancarlo A. Luna Huaman  
41166241  
Los Olivos de Villacuri

Lima, 23 junio 2023

## Validación del Experto N°3

Variable: Proceso de fertilización de cultivos

N°	INDICADORES	Claridad		Pertinencia		Relevancia		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	Tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes	X		X		X		
2	Tasa de programas de fertilización afinados	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:   Aplicable    Aplicable después de corregir [  ]   No aplicable [  ]

Apellidos y nombres del juez evaluador: HERBOZO VENTOSILLA HELAR MIGUEL  
DNI: 16176175

Especialista: Metodólogo [  ]   Temático

Grado: Maestro    Doctor [  ]

· **Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo  
· **Pertinencia:** Si el ítem pertenece a la dimensión.  
· **Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo  
**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Lima, 30 junio 2023

  
Herbozo Ventosilla Helar Miguel  
DNI: 16176175  
Ministerio de Trabajo y  
Promoción del Empleo

## Anexo 5: Constancia de Grados y títulos de validadores (SUNEDU)

### Validador 1

REGISTRO NACIONAL DE

Aplicativo

Guía

#### GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES

GRADUADO	GRADO O TÍTULO	INSTITUCIÓN
FIERRO BARRIALES, ALAN LEONCIO DNI 44147992	<b>INGENIERO DE SISTEMAS</b> Fecha de diploma: 08/07/2013 Modalidad de estudios: -	UNIVERSIDAD PRIVADA CÉSAR VALLEJO PERU
FIERRO BARRIALES, ALAN LEONCIO DNI 44147992	<b>BACHILLER EN INGENIERIA DE SISTEMAS</b> Fecha de diploma: 17/05/2013 Modalidad de estudios: -  Fecha matrícula: Sin información (***) Fecha egreso: Sin información (***)	UNIVERSIDAD PRIVADA CÉSAR VALLEJO PERU
FIERRO BARRIALES, ALAN LEONCIO DNI 44147992	<b>MAESTRO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS CON MENCIÓN EN                      TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN</b> Fecha de diploma: 10/12/18 Modalidad de estudios: PRESENCIAL  Fecha matrícula: 20/01/2017 Fecha egreso: 19/08/2018	UNIVERSIDAD PRIVADA CÉSAR VALLEJO PERU

(\*\*\*) Ante la falta de información, puede presentar su consulta formalmente a través de la mesa de partes virtual en el siguiente enlace  
<https://enlinea.sunedu.gob.pe/>

### Validador 2

GRADUADO	GRADO O TÍTULO	INSTITUCIÓN
LUNA HUAMÁN, GIANCARLO ANTONIO DNI 41166241	<b>MAGÍSTER SCIENTIAE EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA</b>  Fecha de diploma: 08/11/19 Modalidad de estudios: PRESENCIAL  Fecha matrícula: 24/03/2008 Fecha egreso: 31/03/2010	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA PERU
LUNA HUAMAN, GIANCARLO ANTONIO DNI 41166241	<b>BACHILLER EN CIENCIAS AGRICOLAS</b>  Fecha de diploma: 09/10/03 Modalidad de estudios: PRESENCIAL  Fecha matrícula: 26/03/1998 Fecha egreso: 28/03/2003	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA DE ICA PERU
LUNA HUAMAN, GIANCARLO ANTONIO DNI 41166241	<b>INGENIERO AGRONOMO</b>  Fecha de diploma: 17/12/2004 Modalidad de estudios: -	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA DE ICA PERU

## Validador 3

### GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES

GRADUADO	GRADO O TÍTULO	INSTITUCIÓN
HERBOZO VENTOSILLA, HELAR MIGUEL DNI 16176175	BACHILLER EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Fecha de diploma: 04/01/21 Modalidad de estudios: PRESENCIAL Fecha matrícula: 18/08/2008 Fecha egreso: 14/01/2011	UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN ENRIQUE GUZMÁN Y VALLE PERU
HERBOZO VENTOSILLA, HELAR MIGUEL DNI 16176175	MAESTRO EN GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Fecha de diploma: 11/06/18 Modalidad de estudios: PRESENCIAL Fecha matrícula: 08/09/2015 Fecha egreso: 23/07/2017	UNIVERSIDAD PRIVADA CÉSAR VALLEJO PERU
HERBOZO VENTOSILLA, HELAR MIGUEL DNI 16176175	INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTO Fecha de diploma: 07/11/2013 Modalidad de estudios: -	UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA ASOCIACIÓN CIVIL PERU
HERBOZO VENTOSILLA, HELAR MIGUEL DNI 16176175	BACHILLER EN INGENIERIA DE SISTEMAS Y COMPUTO Fecha de diploma: 04/07/2013 Modalidad de estudios: - Fecha matrícula: Sin información (***) Fecha egreso: Sin información (***)	UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA ASOCIACIÓN CIVIL PERU
HERBOZO VENTOSILLA, HELAR MIGUEL DNI 16176175	TÍTULO PROPIO DE MÁSTER EN CIBERSEGURIDAD Fecha de Diploma: 09/04/2018 TIPO: • RECONOCIMIENTO Fecha de Resolución de Reconocimiento: 07/11/2019  Modalidad de estudios: Duración de estudios:	UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS ESPAÑA

### Anexo 6: Base de datos indicadores

	Tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes		Tasa de programas de fertilización afinados	
	I1PreTest	I1PostTest	I2PreTest	I2PostTest
1	0.50	0.40	1.00	0.70
2	0.63	0.50	0.75	0.90
3	0.38	0.50	0.13	0.60
4	0.63	0.60	0.25	0.80
5	0.13	0.70	0.88	1.00
6	0.38	1.00	0.13	0.50
7	0.75	0.80	0.38	0.70
8	0.13	1.00	0.63	0.60
9	0.63	0.60	0.75	0.90
10	0.25	0.50	0.75	1.00
11	0.25	0.70	0.63	0.80
12	0.50	0.90	0.25	0.70
13	0.13	0.40	0.13	0.50
14	0.50	1.00	0.25	0.60
15	0.71	0.60	0.63	1.00
16	0.29	0.80	0.63	0.90
17	0.57	0.70	0.63	0.80
18	0.14	0.50	0.25	0.70
19	0.43	0.90	0.14	0.50
20	0.57	0.70	0.57	0.60
21	0.57	0.50	0.71	1.00
22	0.57	0.70	0.71	0.90
23	0.14	0.80	0.57	0.70
24	0.29	0.75	0.29	1.00
25	0.14	1.00	0.14	0.63
26	0.57	1.00	0.86	0.75
27	0.14	0.63	0.43	1.00
28	0.14	1.00	0.57	1.00
29	0.57	0.75	0.71	1.00
30	0.43	1.00	0.29	0.88
31	0.29	0.88	0.14	0.63
32	0.33	1.00	0.43	0.75
33	0.11	1.00	0.43	1.00
34	0.33	0.63	0.44	1.00

35	0.22	0.75	0.56	1.00
36	0.11	0.50	0.22	0.88
37	0.33	0.88	0.11	0.63
38	0.56	1.00	0.22	0.75
39	0.11	1.00	0.67	1.00
40	0.33	1.00	0.33	0.88

## Anexo 7: Autorización para realizar la investigación



### Autorización para Publicar Identidad en los Resultados de la Investigación

#### Datos Generales

Nombre de la Organización	RUC
BALU SEEDS S.A.C.	20605615679
Nombre del titular o representante legal	DNI
BARRAZA GALLEGOS JOSÉ DANIEL	40528364

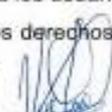
#### Consentimiento:

De conformidad con lo establecido en el artículo 7º, literal " f " del Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo (\*), **autorizo [ X ]**, no autorizo [ ] publicar **la Identidad de la Organización**, en la cual se lleva a cabo la investigación:

Nombre del trabajo de investigación	
Aplicativo web para el proceso de fertilización de cultivos del área de producción de la empresa Balu seeds SAC, Ica, 2023.	
Nombre del Programa Académico	
Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas	
Autor	DNI
Rodolfo Hugo Hernan Villanueva Phun	70267691

En caso de autorizarse, soy consciente que la investigación será alojada en el Repositorio Institucional de la UCV, la misma que será de acceso abierto para los usuarios y podrá ser referenciada en futuras investigaciones, dejando en claro que los derechos de propiedad intelectual corresponden exclusivamente al autor (a) del estudio.

Ica, 10 Junio del 2023

  
VIANCA ARACELLI JAIME SEDANO  
APODERADO  
BALÚ SEEDS S.A.C.  
Jefe de Proyecto

(\* Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo-Artículo 7º, literal " f " Para difundir o publicar los resultados de un trabajo de investigación es necesario mantener bajo anonimato el nombre de la institución donde se llevó a cabo el estudio, salvo el caso en que haya un acuerdo formal con el gerente o director de la organización, para que se difunda la identidad de la institución. Por ello, tanto en los proyectos de investigación como en los informes o tesis, no se deberá incluir la denominación de la organización, pero sí será necesario describir sus características.



**BALU SEEDS S.A.C.**  
OTR. I ETAPA LT. 04 MZ. F URB. LOS HUARANGOS – ICA ICA ICA  
RUC: 20605615679

### CONSTANCIA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

#### La Empresa BALU SEEDS S.A.C.

Hace constar que el Bachiller en Ingeniería de Sistemas, Rodolfo Hugo Hernán Villanueva Phun, ha llevado a cabo exitosamente el proyecto de investigación titulado

Aplicativo web para el proceso de fertilización de cultivos del área de producción de la empresa BALU SEEDS S.A.C., Ica, 2023.

Este proyecto se desarrollo en las instalaciones de nuestra institución en la siguiente fecha

Fecha de inicio: 10/06/2023 y fecha de termino 18/11/2023

La organización reconoce el esfuerzo y dedicación del estudiante en la ejecución de esta investigación, la cual contribuye al avance del conocimiento en el campo de la Ingeniería de Sistemas

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado(a) para los fines que estime conveniente

Ica, 20 de noviembre del 2023

-----  
**VIANCA ARACELLI JAIME SEDANO**  
APODERADO  
**BALU SEEDS S.A.C.**

998 845 969

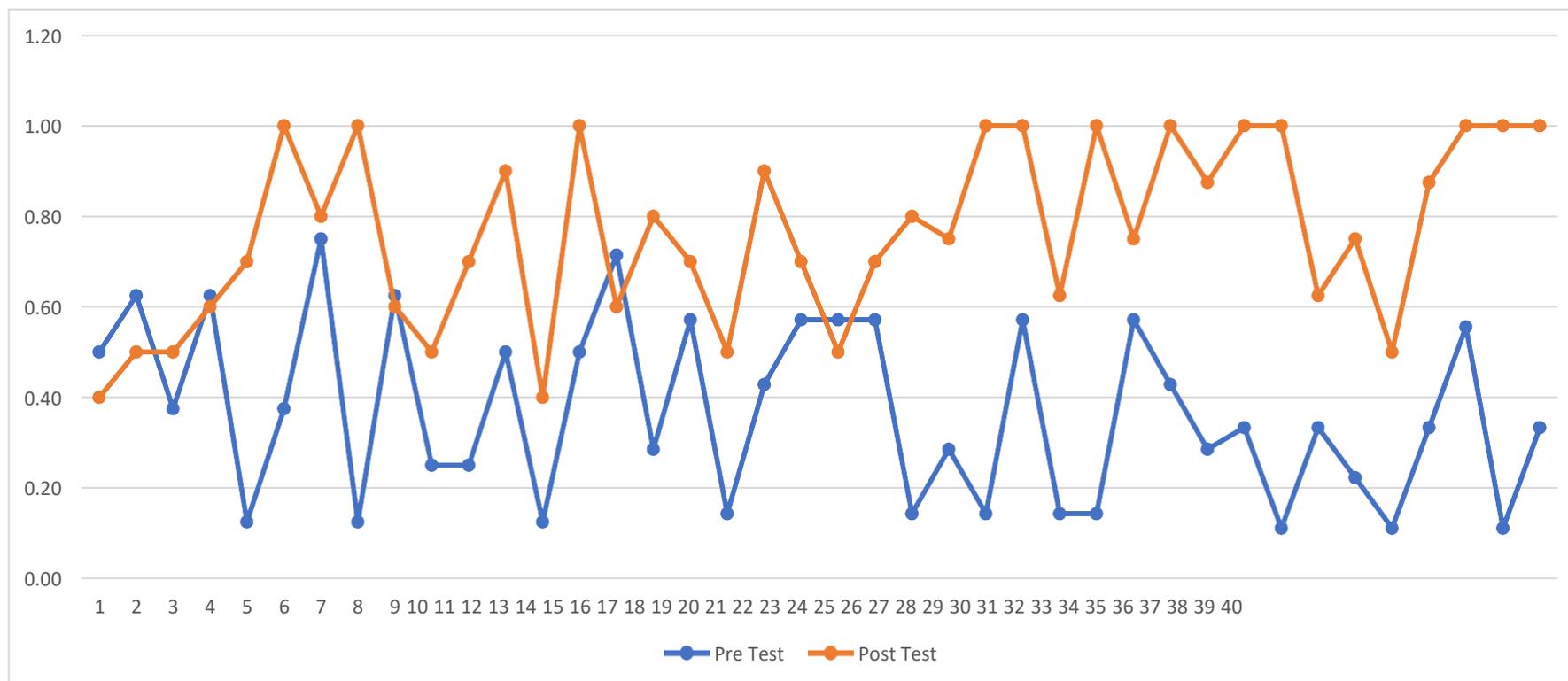
vianca.jaime.sedano@gmail.com

## Anexo 8: Comportamiento de las medidas descriptivas del pre test y post test

### a) Indicador 1: Tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes (TRAF).

Se observa la variación en las medidas descriptivas antes y después de la intervención. Utilizando un gráfico de líneas con el tiempo en días en el eje X y los valores del indicador TRAF en el eje Y.

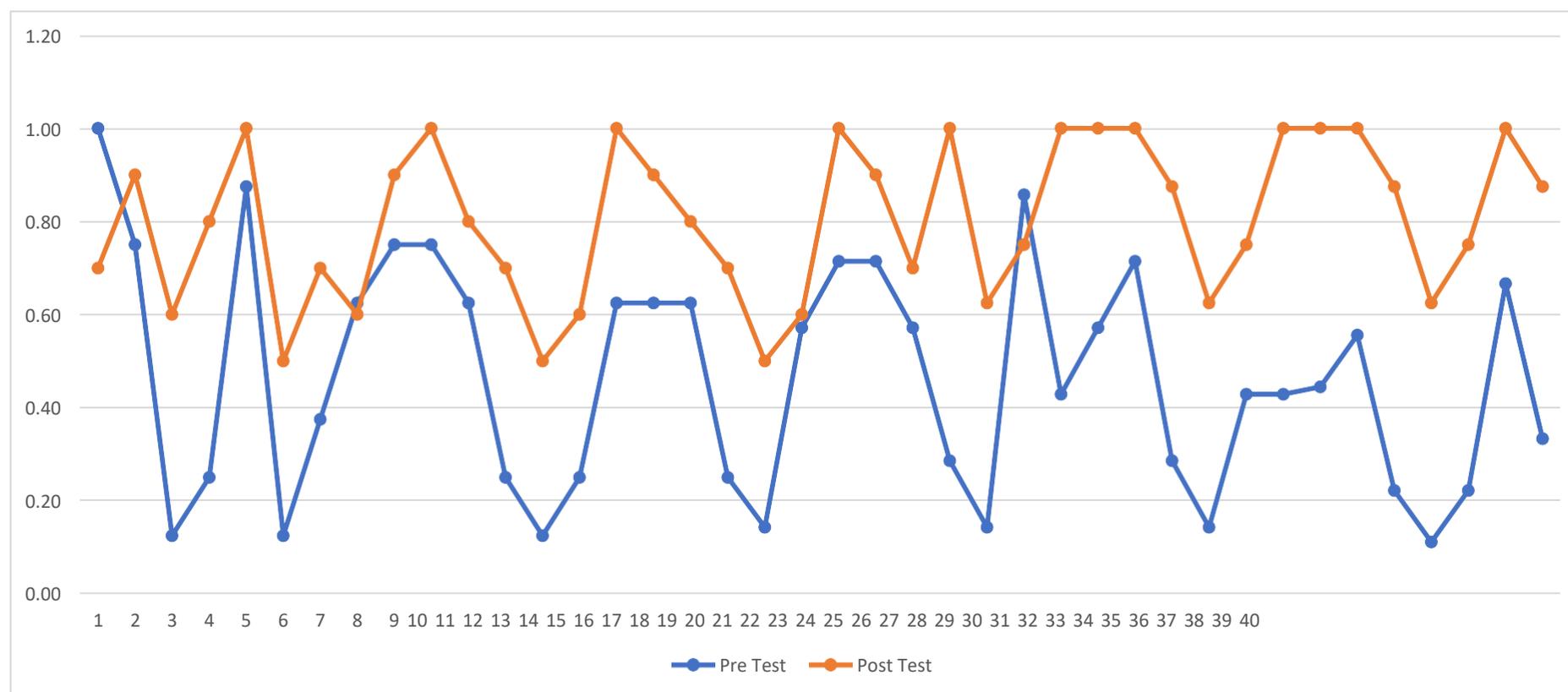
**Figura 4:** Comparación del comportamiento del indicador TRAF



**b) Indicador 2: Tasa de programas de fertilización afinados (TPFA).**

Se observa la variación en las medidas descriptivas antes y después de la intervención. Utilizando un gráfico de líneas con el tiempo en días en el eje X y los valores del indicador TRAF en el eje Y.

**Figura 5:** Comparación del comportamiento del indicador TPFA



## Anexo 9: Metodología de desarrollo de software

Para la elección de la metodología de software a utilizar en el proyecto se hizo una comparación entre las principales metodologías de acuerdo con la siguiente figura:

**Tabla 13.** Comparación de metodologías de desarrollo de software

Metodología	Fortalezas	Debilidades
Waterfall	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pasos simples y detallados</li> <li>2. Fácil de gestionar en proyectos largos</li> <li>3. Fácil de entender para todos</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El código se entrega lento.</li> <li>2. No es fácil gestionar cambios en requerimientos.</li> <li>3. Poca ayudar en errores de diseño y planificación</li> </ol>
Extreme Programming	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Todo se vuelve rápido</li> <li>2. Despliegue rápido del código</li> <li>3. Por la repetición se reducen los errores</li> <li>4. Se obtiene retroalimentación continua del product owner.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Poca documentación.</li> <li>2. Desarrolladores no dispuestos a programar en grupo.</li> <li>3. No se diseñan las pruebas antes de codificar.</li> <li>4. Reuniones muy frecuentes</li> </ol>
V-Model	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menos bugs.</li> <li>2. Fácil de entender</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Muy enfocada en la etapa de definiciones.</li> <li>2. Fácilmente perjudicable.</li> </ol>
SCRUM	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Entrega de producto en corto tiempo.</li> <li>2. Retroalimentación rápida del product owner.</li> <li>3. Gestión de cambios rápida.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se necesitan desarrolladores experimentados.</li> <li>2. Poca documentación.</li> <li>3. Es difícil estimar recursos al principio de un proyecto largo.</li> </ol>
Prototyping	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perfecta identificación de los requerimientos de desarrollo.</li> <li>2. Retroalimentación rápida del product owner</li> <li>3. Es fácil ubicar si alguna funcionalidad falta.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Incrementa la complejidad de la aplicación.</li> <li>2. Incrementa el tiempo de desarrollo.</li> <li>3. Incrementa el costo al generar el prototipo.</li> </ol>
Iterative & Incremental	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El product owner recibe retroalimentación continuamente.</li> <li>2. Se hacen múltiples revisiones en el proyecto.</li> <li>3. Se entrega el código temprano en el proyecto.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cada interacción parece inflexible como un proyecto de cascada a pequeña escala.</li> </ol>
Spiral	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se entrega el código temprano en el proyecto.</li> <li>2. Se minimizan los riesgos.</li> <li>3. Se tiene una</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gestión del riesgo más costosa.</li> <li>2. No se puede avanzar sin un análisis de riesgos detallado.</li> </ol>

	documentación excelente.	
Rapid Application Development	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Todos codifican más rápido.</li> <li>2. Código reusable.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Documentación pobre por la velocidad.</li> <li>2. Los costos de desarrollo incrementan.</li> <li>3. Se trabaja en distintos módulos al mismo tiempo.</li> </ol>

Fuente: Basado en (Saeed et al. 2019)

Basándonos en la información proporcionada anteriormente, se tomó la decisión de emplear la metodología SCRUM, principalmente motivada por la brevedad del cronograma del proyecto y la experiencia previa del equipo de desarrollo con esta metodología ágil. La elección de SCRUM se fundamenta en su capacidad para gestionar proyectos de manera eficiente y flexible, adaptándose de manera óptima a las demandas de plazos ajustados. Además, la experiencia previa del equipo con SCRUM se considera un activo valioso que facilitará la implementación exitosa de esta metodología, maximizando la eficacia y eficiencia en el desarrollo del proyecto.

## 1. SCRUM

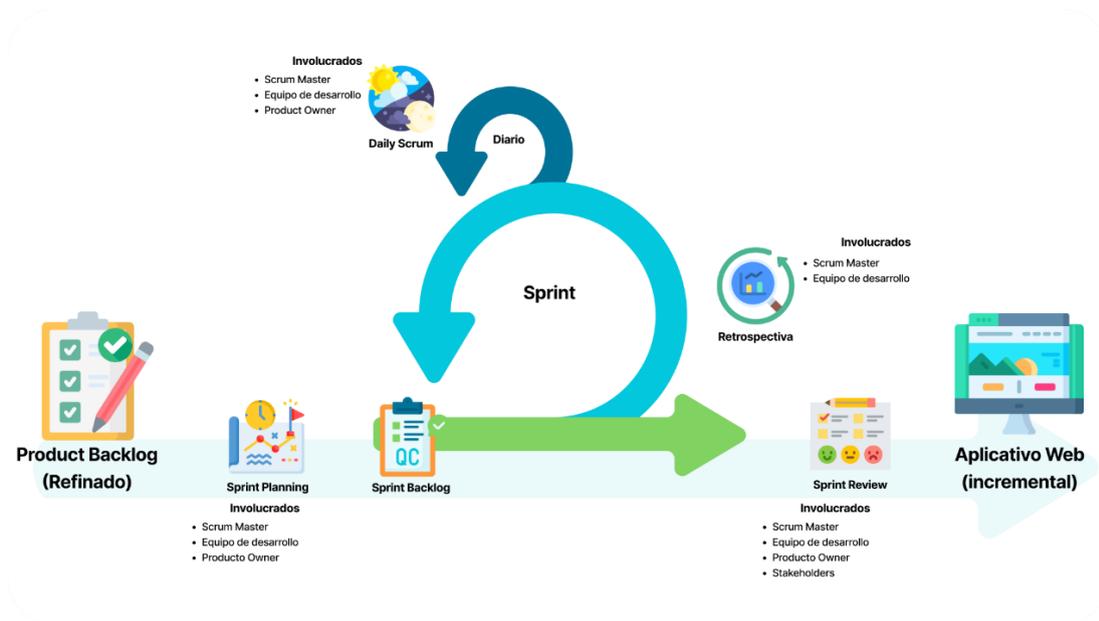
Es una de las principales y más usadas metodologías de desarrollo ágil de productos, esta tiene su origen en los años 80 en un estudio realizado sobre los procesos de desarrollo aplicados en Japón por parte de Ikujiro Nonaka e Hirotaka Takeuchi (Estrada-Velasco et al. 2021).

Esta metodología tiene sus principales beneficios en permitir la entrega de resultados en plazos cortos, gestionar adecuadamente las expectativas del cliente, mostrar resultados temprano en el proyecto, adelantar el retorno de la inversión, identificar los riesgos en las etapas iniciales, mejorar la calidad del producto y la productividad del equipo de desarrollo (Timkyw, Bournissen y Tumino 2020).

Según (Capuñay y Antón 2021) se inicia listando el trabajo necesario para completar el objetivo y a cada elemento se le denomina historia de usuario y al conjunto de estas Product Backlog, luego se elaboran estas historias de usuario en iteraciones llamadas Sprints para el que se compromete un alcance

definido y se ejecuta el proceso de planificar desarrollar y controlar hasta que luego de varios Sprints se consigue completar el objetivo global.

**Figura 6. Flujo de Scrum**



Fuente: Adaptado de (Mariño y Alfonso 2014)

## 1.1. Ejecución del proyecto

De acuerdo con lo indicado en la metodología SCRUM se realizaron los procesos de inicio, planificación y estimación, implementación, revisión y retrospectiva y lanzamiento.

### Inicio

Se declaro la visión del proyecto la cual fue la siguiente: “Desarrollar una aplicación web de fácil uso que agilice y ordene la planificación, ejecución y seguimiento del proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu Seeds S.A.C.”.

Luego se procedió a identificar al Scrum Master y Stakeholders de la siguiente forma:

- **Scrum Master:** Rodolfo Hugo Hernan Villanueva Phun
- **Stakeholders:** Vianca Aracelli Jaime Sedano, Jose Antonio Hernandez Lengua y Daniel Barraza Gallegos.

A continuación, se estableció el equipo SCRUM conformado por las siguientes personas:

- **Product Owner:** Yaira Gomez Fernandez
- **Líder técnico/desarrollador:** Hugo Villanueva Phun
- **UX/UI:** Rodolfo Villanueva Phun

Posteriormente se definieron las épicas a considerar para el proyecto las cuales fueron las siguiente:

- **Seguridad:** Involucra las funcionalidades que permiten restringir el acceso al aplicativo según el rol que se cumpla en la organización.
- **Planificación:** Considera la creación y actualización de los programas de fertilización por cultivo.
- **Ejecución:** Engloba el registro de la ejecución del programa de fertilización por cultivo y datos adicionales que se necesiten de este.
- **Reportes:** Considera los reportes y gráficos que la empresa necesita para medir el rendimiento del proceso de fertilización de cultivos.
- **Configuración:** Engloba las funcionalidades que permiten parametrizar la planificación y ejecución del programa de fertilización.

Finalmente, se creó y priorizó el producto backlog agregando la planificación de lanzamiento de cada historia de usuario por sprint como se describe a continuación:

**Tabla 14. Plan de lanzamiento**

Épica	HU	Descripción	Prioridad	Sprint
Seguridad	PBI-01	Como usuario deseo iniciar de sesión de forma segura para disponer de las funcionalidades del aplicativo.	Alta	1
Seguridad	PBI-02	Como administrador del sitio deseo gestionar a los usuarios para controlar el acceso al aplicativo.	Alta	1
Seguridad	PBI-03	Como administrador del sitio deseo gestionar los roles y privilegios de los usuarios para limitar el uso de sus	Media	1

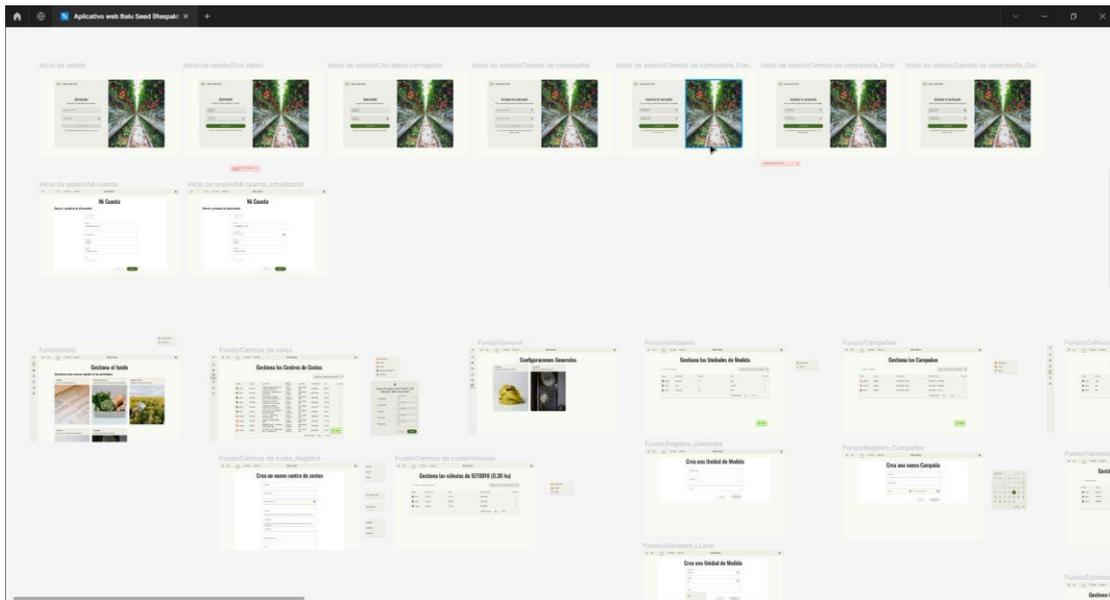
		funcionalidades.		
Configuración	PBI-04	Como usuario deseo contar con componentes de navegación para desplazarme eficientemente por el aplicativo.	Alta	1
Configuración	PBI-05	Como jefe de proyecto deseo gestionar los centros de costos del fundo para controlar su uso en las actividades.	Alta	2
Configuración	PBI-06	Como asistente administrativo deseo gestionar las unidades de medida usadas para alinear su uso según la realidad de la operación.	Alta	2
Configuración	PBI-07	Como asesor de fertirriego deseo gestionar los nutrientes para controlar su medición a los cultivos.	Alta	2
Configuración	PBI-08	Como jefe de proyecto deseo gestionar los estados fenológicos de los cultivos para poder analizar la evolución de los cultivos en base a estos.	Alta	2
Configuración	PBI-09	Como jefe de proyecto deseo gestionar las campañas productivas para analizar su progreso en base a los objetivos planteados.	Alta	2
Configuración	PBI-10	Como jefe de proyecto deseo gestionar los cultivos y variedades para identificar los producidos en el fundo.	Alta	2
Configuración	PBI-11	Como asesor de fertirriego deseo gestionar los fertilizantes para controlar su uso en los cultivos.	Alta	2
Configuración	PBI-12	Como asesor de fertirriego deseo determinar los umbrales de nutrientes por cultivo para determinar los objetivos de fertilización.	Alta	3
Planificación	PBI-13	Como asesor de fertirriego deseo gestionar el plan de	Alta	3

		fertilización por campaña para determinar las metas de cada centro de costos.		
Planificación	PBI-14	Como asesor de fertirriego deseo gestionar el plan de fertilización semanal para afinar las aplicaciones a realizar.	Alta	3
Ejecución	PBI-15	Como jefe de fertirriego deseo realizar las aplicaciones de fertilizantes para cumplir con los objetivos planteados.	Alta	4
Reportes	PBI-16	Como asesor de fertirriego deseo tener el dashboard de programado vs ejecutado para analizar el progreso de los programas de fertilización.	Alta	4
Reportes	PBI-17	Como jefe de fertirriego deseo tener el reporte del plan semanal de aplicaciones para gestionar las aplicaciones a realizar.	Media	4

### Planificación y estimación

Durante esta etapa, se llevó a cabo la mejora y evaluación de las historias de usuario que se habían comprometido en el sprint backlog. Además, se procedió a explicar y asumir compromisos con respecto a las historias de usuario que se desarrollarían durante la reunión de Sprint Planning. Para perfeccionar cada historia de usuario, se implementó la creación de prototipos diseñados en Figma, siguiendo las pautas establecidas en Material Design 3. Este proceso incluyó la atención detallada a la guía de estilos específica. Además, se trabajó en la elaboración exhaustiva de la descripción de la historia de usuario y se crearon casos de prueba para garantizar la calidad y el cumplimiento de los requisitos. Este enfoque integral contribuyó a una planificación efectiva y a la preparación meticulosa para la ejecución exitosa del Sprint.

**Figura 7. Prototipo en Figma**

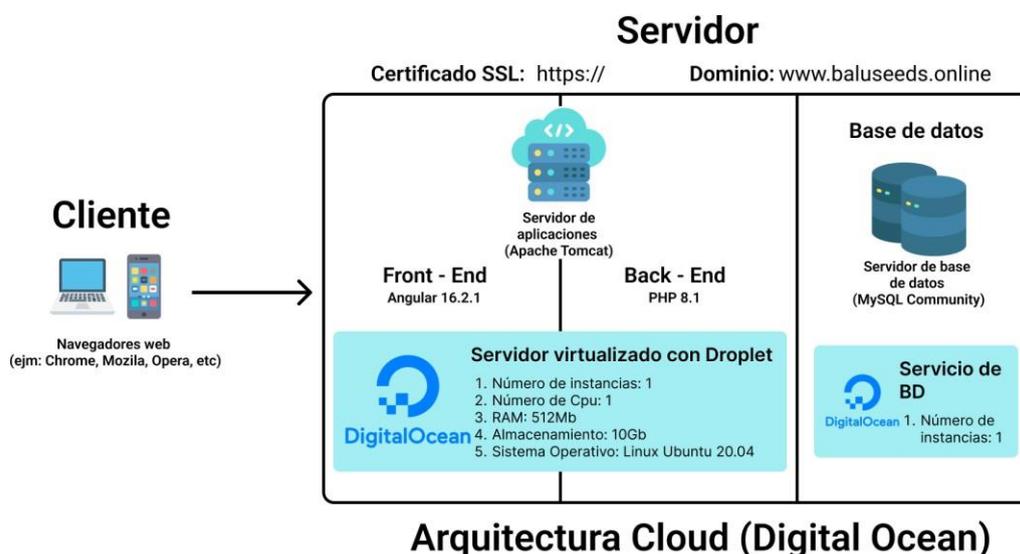


## Implementación

En esta etapa, se llevó a cabo la codificación y validación de las historias de usuario comprometidas en el sprint backlog, acompañadas de reuniones diarias de Daily Standup para asegurar la alineación del progreso del equipo. En el ámbito del desarrollo, se implementó un servicio web REST en el lenguaje PHP8.1 para el Backend, mientras que el Frontend se construyó utilizando el framework Angular 16. La gestión de datos se llevó a cabo a través del motor de base de datos MySQL 8.0.34. La certificación de las implementaciones se efectuó mediante la ejecución de casos de prueba y la validación del prototipo creado durante la fase de refinamiento. Estas pruebas incluyeron evaluaciones manuales en un entorno servidor QA.

En cuanto a la infraestructura de alojamiento, se adoptó un enfoque basado en servicios en la nube proporcionados por Digital Ocean. Se implementó un servidor virtualizado para albergar tanto el front-end como el back-end de la aplicación, mientras que un segundo servidor dedicado se destinó exclusivamente para el alojamiento de la base de datos. Este diseño de alojamiento se detalla de manera más específica en la figura siguiente. Este enfoque arquitectónico contribuyó a una implementación eficiente y escalable del aplicativo.

**Figura 8.** Diagrama de infraestructura del aplicativo web



## Historias de usuario

Se describen todas las historias de usuario consideradas para el alcance del proyecto.

**Tabla 15.** Historia de usuario del PBI-01

<b>Código:</b> PBI-01	<b>Usuario:</b> Todos
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Complejidad:</b> Media
<b>Descripción:</b> Como usuario deseo iniciar de sesión de forma segura para disponer de las funcionalidades del aplicativo	
<b>Criterios de aceptación:</b>	
CA1: Se debe permitir el inicio de sesión utilizando un usuario de formato numérico y contraseña.	
CA2: Para los criterios de seguridad de la contraseña se considera que sea mayor a 8 caracteres y contenga letras y números.	
CA3: Se debe validar que los campos estén completos para habilitar el botón de inicio de sesión.	
CA4: En caso el usuario no exista, este deshabilitado o las credenciales no sean correctas se debe indicar al usuario mediante un mensaje y no se debe permitir el inicio de sesión.	
CA5: En caso las credenciales sean correctas se debe permitir el inicio de sesión.	
CA6: Si es el primer inicio de sesión del usuario se le debe solicitar modificar la contraseña.	

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 16. Historia de usuario del PBI-02**

<b>Código:</b> PBI-02	<b>Usuario:</b> Administrador
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Complejidad:</b> Media
<b>Descripción:</b> Como administrador del sitio deseo gestionar a los usuarios para controlar el acceso al aplicativo.	
<b>Criterios de aceptación:</b> CA1: Se deben listar todos los usuarios registrados. CA2: Se debe permitir el registro de nuevos usuarios considerando la asignación de un rol. CA3: Se debe permitir actualizar la información de un usuario registrado a excepción del usuario. CA4: Se debe permitir modificar la contraseña del usuario, en caso de hacerlo la siguiente vez que este inicie sesión se le debe solicitar actualizar su contraseña. CA5: Se debe permitir deshabilitar a los usuarios lo que impide su inicio de sesión.	
<i>Nota.</i> Elaboración propia.	

**Tabla 17. Historia de usuario del PBI-03**

<b>Código:</b> PBI-03	<b>Usuario:</b> Administrador
<b>Prioridad:</b> Media	<b>Complejidad:</b> Alta
<b>Descripción:</b> Como administrador del sitio deseo gestionar los roles y privilegios de los usuarios para limitar el uso de sus funcionalidades.	
<b>Criterios de aceptación:</b> CA1: Se deben listar todos los roles registrados, mostrando cuales son los usuarios que los tienen asignados. CA2: Se debe permitir el registro de nuevos roles permitiendo asignar el acceso de visualización, registro, edición y des habilitación de las distintas funcionalidades según corresponda. CA3: Se debe permitir actualizar la información de rol. CA4: Se debe permitir deshabilitar un rol cuando este no tiene usuarios activos asignados.	
<i>Nota.</i> Elaboración propia.	

**Tabla 18. Historia de usuario del PBI-04**

<b>Código:</b> PBI-04	<b>Usuario:</b> Todos
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Complejidad:</b> Baja
<b>Descripción:</b> Como usuario deseo contar con componentes de navegación para desplazarme eficientemente por el aplicativo.	
<b>Criterios de aceptación:</b> CA1: Se debe mostrar en el header el listado de módulos del aplicativo permitiendo el acceso desde esta sección. CA2: Se debe mostrar en un menú lateral el listado de funcionalidades según el	

módulo seleccionado permitiendo el acceso desde esta sección.  
 CA3: Únicamente se deben mostrar los módulos y funcionalidades para las que el usuario tenga privilegios.

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 19. Historia de usuario del PBI-05**

<b>Código:</b> PBI-05	<b>Usuario:</b> Jefe de proyecto
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Complejidad:</b> Medio
<b>Descripción:</b> Como jefe de proyecto deseo gestionar los centros de costos del fundo para controlar su uso en las actividades.	
<b>Criterios de aceptación:</b> CA1: Se deben listar los centros de costos registrados en el aplicativo. CA2: Se debe permitir registrar nuevos centros de costos. CA3: Se debe permitir editar los centros de costos que se encuentren habilitados. CA4: Se debe permitir deshabilitar y cerrar los centros de costos registrados. CA5: Se debe permitir registrar el detalle de los estados fenológicos de cada centro de costos. CA6: Se debe permitir registrar, editar, desactivar y cerrar las válvulas vinculadas a los centros de costos gestionados.	

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 20. Historia de usuario del PBI-06**

<b>Código:</b> PBI-06	<b>Usuario:</b> Asistente administrativo
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Complejidad:</b> Baja
<b>Descripción:</b> Como asistente administrativo deseo gestionar las unidades de medida usadas para alinear su uso según la realidad de la operación.	
<b>Criterios de aceptación:</b> CA1: Se deben listar las unidades de medida registradas en el aplicativo. CA2: Se debe permitir registrar nuevas unidades de medida. CA3: Se debe permitir editar las unidades de medida que se encuentren habilitados. CA4: Se debe permitir deshabilitar las unidades de medida registradas.	

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 21. Historia de usuario del PBI-07**

<b>Código:</b> PBI-07	<b>Usuario:</b> Asesor de fertirriego
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Complejidad:</b> Baja
<b>Descripción:</b> Como asesor de fertirriego deseo gestionar los nutrientes para controlar su medición a los cultivos.	
<b>Criterios de aceptación:</b> CA1: Se deben listar los nutrientes registrados en el aplicativo. CA2: Se debe permitir registrar nuevos nutrientes.	

CA3: Se debe permitir editar los nutrientes que se encuentren habilitados.
CA4: Se debe permitir deshabilitar los nutrientes registrados.

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 22.** Historia de usuario del PBI-08

<b>Código:</b> PBI-08	<b>Usuario:</b> Jefe de proyecto
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Complejidad:</b> Baja
<b>Descripción:</b> Como jefe de proyecto deseo gestionar los estados fenológicos de los cultivos para poder analizar la evolución de los cultivos en base a estos.	
<b>Criterios de aceptación:</b>	
CA1: Se deben listar los estados fenológicos de cada cultivo.	
CA2: Se debe permitir registrar nuevos estados fenológicos por cultivo.	
CA3: Se debe permitir editar los estados fenológicos que se encuentren habilitados.	
CA4: Se debe permitir deshabilitar los estados fenológicos registrados.	

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 23.** Historia de usuario del PBI-09

<b>Código:</b> PBI-09	<b>Usuario:</b> Jefe de proyecto
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Complejidad:</b> Baja
<b>Descripción:</b> Como jefe de proyecto deseo gestionar las campañas productivas para analizar su progreso en base a los objetivos planteados.	
<b>Criterios de aceptación:</b>	
CA1: Se deben listar las campañas registradas.	
CA2: Se debe permitir registrar nuevas campañas.	
CA3: Se debe permitir editar las campañas que se encuentren habilitados.	
CA4: Se debe permitir deshabilitar y cerrar las campañas registradas.	

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 24.** Historia de usuario del PBI-10

<b>Código:</b> PBI-10	<b>Usuario:</b> Jefe de proyecto
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Complejidad:</b> Baja
<b>Descripción:</b> Como jefe de proyecto deseo gestionar los cultivos y variedades para identificar los producidos en el fundo.	
<b>Criterios de aceptación:</b>	
CA1: Se deben listar los cultivos y variedades vinculadas.	
CA2: Se debe permitir registrar nuevos cultivos.	
CA3: Se debe permitir registrar y vincular variedades a los cultivos registrados.	
CA3: Se debe permitir editar los cultivos y variedades que se encuentren habilitados.	
CA4: Se debe permitir deshabilitar los cultivos y variedades registrados.	

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 25. Historia de usuario del PBI-11**

<b>Código:</b> PBI-11	<b>Usuario:</b> Asesor de fertirriego
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Complejidad:</b> Media
<b>Descripción:</b> Como asesor de fertirriego deseo gestionar los fertilizantes para controlar su uso en los cultivos.	
<b>Criterios de aceptación:</b> CA1: Se deben listar los fertilizantes registrados. CA2: Se debe permitir registrar fertilizantes. CA3: Se debe permitir registrar y actualizar la concentración de nutrientes de cada fertilizante. CA3: Se debe permitir editar los fertilizantes que se encuentren habilitados. CA4: Se debe permitir deshabilitar fertilizantes registrados.	

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 26. Historia de usuario del PBI-12**

<b>Código:</b> PBI-12	<b>Usuario:</b> Asesor de fertirriego
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Complejidad:</b> Media
<b>Descripción:</b> Como asesor de fertirriego deseo determinar los umbrales de nutrientes por cultivo para determinar los objetivos de fertilización.	
<b>Criterios de aceptación:</b> CA1: Se deben listar los cultivos y nutrientes asignados por cultivo. CA2: Se debe permitir asignar los nutrientes que se utilizan en cada cultivo. CA3: Se debe permitir registrar y editar la cantidad objetivo de nutriente por estado fenológico de cada cultivo. CA4: Se debe permitir registrar y editar el límite menor y mayor en porcentaje que es aceptable de cada nutriente para el cultivo.	

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 27. Historia de usuario del PBI-13**

<b>Código:</b> PBI-13	<b>Usuario:</b> Asesor de fertirriego
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Complejidad:</b> Alta
<b>Descripción:</b> Como asesor de fertirriego deseo gestionar el plan de fertilización por campaña para determinar las metas de cada centro de costos.	
<b>Criterios de aceptación:</b> CA1: Se debe permitir generar el plan de fertilización por campaña para un grupo de centro de costos que coincidan en campaña y cultivo. CA2: La planificación se realiza en base a 1 hectárea y se ajusta de forma automática según el área del centro de costos. CA3: Se debe permitir asignar los fertilizantes a aplicar en cada estado fenológico. CA4: Se debe visualizar el porcentaje de cada nutriente que se debe aplicar según su estado fenológico y su avance de acuerdo con los productos asignados.	

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 28. Historia de usuario del PBI-14**

<b>Código:</b> PBI-14	<b>Usuario:</b> Asesor de fertirriego
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Complejidad:</b> Alta
<b>Descripción:</b> Como asesor de fertirriego deseo gestionar el plan de fertilización semanal para afinar las aplicaciones a realizar.	
<b>Criterios de aceptación:</b> CA1: Se deben listar los centros de costos con planificaciones por campaña realizados. CA2: Se debe permitir registra una planificación semanal colocando las fechas de inicio y fin. CA3: Se debe recuperar los productos y cantidades sugeridas para la aplicación semanal de acuerdo con el cultivo y al plan por campaña. CA4: Se debe permitir personalizar los productos y cantidades a programar. CA5: Se debe mostrar el detalle fenológico actual del centro de costos. CA6: Se debe mostrar el listado de aplicaciones recientes del centro de costos. CA7: Se debe mostrar el avance en la aplicación de nutrientes considerando la planificación actual. CA8: Se debe permitir deshabilitar y cerrar los planes de fertilización semanal.	

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 29. Historia de usuario del PBI-15**

<b>Código:</b> PBI-15	<b>Usuario:</b> Jefe de fertirriego
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Complejidad:</b> Alta
<b>Descripción:</b> Como jefe de fertirriego deseo realizar las aplicaciones de fertilizantes para cumplir con los objetivos planteados.	
<b>Criterios de aceptación:</b> CA1: Se deben listar los días planificados para fertilización de cada centro de costos divididos por válvula. CA2: Se deben listar los registros de fertilización realizados. CA3: Se debe filtrar los listados por una fecha específica. CA4: Se debe poder registrar la fertilización de acuerdo con lo planificado pudiendo actualizar la información de ser necesario.	

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 30. Historia de usuario del PBI-16**

<b>Código:</b> PBI-16	<b>Usuario:</b> Asesor de fertirriego
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Complejidad:</b> Alta
<b>Descripción:</b> Como asesor de fertirriego deseo tener el dashboard de programado vs ejecutado para analizar el progreso de los programas de fertilización.	
<b>Criterios de aceptación:</b> CA1: Se debe mostrar un gráfico que compare las planificaciones por campaña,	

semanal y registros de fertilización considerando que pueda ser filtrado por campaña, centro de costos, válvula, estado fenológico y nutriente.

CA2: Se deben mostrar los indicadores “Tasa de registro de aplicaciones de fertilizantes” y “Tasa de programas de fertilización afinados” de acuerdo con los filtros campaña, centro de costos, válvula y estado fenológico.

CA3: Se debe mostrar un reporte de comparación entre las planificaciones por campaña, semanal y registros de fertilización considerando que pueda ser filtrado por campaña, centro de costos, válvula y un rango de fechas.

CA4: El reporte debe ser exportable a un Excel.

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 31. Historia de usuario del PBI-17**

<b>Código:</b> PBI-17	<b>Usuario:</b> Jefe de fertirriego
<b>Prioridad:</b> Media	<b>Complejidad:</b> Media
<b>Descripción:</b> Como jefe de fertirriego deseo tener el reporte del plan semanal de aplicaciones para gestionar las aplicaciones a realizar.	
<b>Criterios de aceptación:</b>	
CA1: Se debe mostrar un reporte que liste los productos que deben ser aplicados en una determinada semana. Este reporte debe ser filtrable por la campaña, centro de costos, válvula y semana.	
CA2: El reporte debe ser exportable a un Excel.	

*Nota.* Elaboración propia.

## Sprints backlog

Se detalla el alcance y duración de cada sprint en las siguientes tablas.

**Tabla 32. Sprint Backlog del Sprint 1**

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Estimación en Horas</b>	<b>Estado</b>
PBI-01	Como usuario deseo iniciar de sesión de forma segura para disponer de las funcionalidades del aplicativo.	40	Terminado
PBI-02	Como administrador del sitio deseo gestionar a los usuarios para controlar el acceso al aplicativo.	20	Terminado
PBI-03	Como administrador del sitio deseo gestionar los roles y privilegios de los usuarios para limitar el uso de sus funcionalidades.	40	Terminado
PBI-04	Como usuario deseo contar con componentes de	20	Terminado

	navegación para desplazarme eficientemente por el aplicativo.		
--	---------------------------------------------------------------	--	--

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 33.** *Sprint Backlog del Sprint 2*

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Estimación en Horas</b>	<b>Estado</b>
PBI-05	Como jefe de proyecto deseo gestionar los centros de costos del fundo para controlar su uso en las actividades.	30	Terminado
PBI-06	Como asistente administrativo deseo gestionar las unidades de medida usadas para alinear su uso según la realidad de la operación.	10	Terminado
PBI-07	Como asesor de fertirriego deseo gestionar los nutrientes para controlar su medición a los cultivos.	15	Terminado
PBI-08	Como jefe de proyecto deseo gestionar los estados fenológicos de los cultivos para poder analizar la evolución de los cultivos en base a estos.	15	Terminado
PBI-09	Como jefe de proyecto deseo gestionar las campañas productivas para analizar su progreso en base a los objetivos planteados.	10	Terminado
PBI-10	Como jefe de proyecto deseo gestionar los cultivos y variedades para identificar los producidos en el fundo.	20	Terminado
PBI-11	Como asesor de fertirriego deseo gestionar los fertilizantes para controlar su uso en los cultivos.	20	Terminado

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 34.** *Sprint Backlog del Sprint 3*

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Estimación en Horas</b>	<b>Estado</b>
PBI-12	Como asesor de fertirriego deseo determinar los umbrales de nutrientes por cultivo para determinar los objetivos de fertilización.	30	Terminado
PBI-13	Como asesor de fertirriego deseo gestionar el plan de fertilización por campaña para determinar las metas de cada centro de costos.	50	Terminado

PBI-14	Como asesor de fertirriego deseo gestionar el plan de fertilización semanal para afinar las aplicaciones a realizar.	40	Terminado
--------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----	-----------

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 35.** *Sprint Backlog del Sprint 4*

Código	Descripción	Estimación en Horas	Estado
PBI-15	Como jefe de fertirriego deseo realizar las aplicaciones de fertilizantes para cumplir con los objetivos planteados.	30	Terminado
PBI-16	Como asesor de fertirriego deseo tener el dashboard de programado vs ejecutado para analizar el progreso de los programas de fertilización.	50	Terminado
PBI-17	Como jefe de fertirriego deseo tener el reporte del plan semanal de aplicaciones para gestionar las aplicaciones a realizar.	40	Terminado

*Nota.* Elaboración propia.

### Revisión y retrospectiva

Durante esta etapa, se llevó a cabo la validación y presentación de las historias de usuario completadas en la revisión ante el product owner y los stakeholders. Es notable destacar que se logró una tasa de éxito del 100%, con todos los entregables siendo aceptados en los cuatro sprints realizados. Además de la validación externa, se procedió a recopilar retroalimentación valiosa del equipo de desarrollo en las sesiones de retrospectiva. Este proceso permitió mejorar diversos aspectos, como la comunicación interna del equipo, la profundidad en la documentación de errores de desarrollo y los métodos de seguimiento de las tareas. La atención a estos detalles contribuyó significativamente a la eficacia y la calidad del proceso de desarrollo en curso.

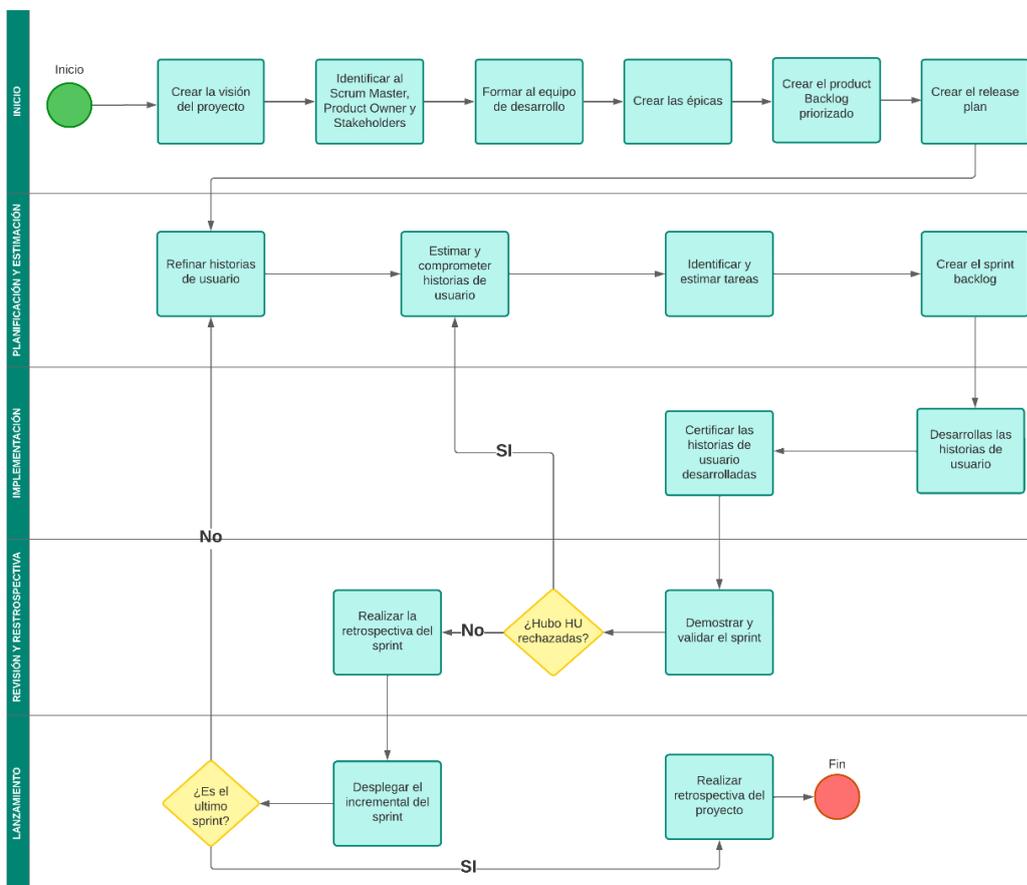
### Lanzamiento

En esta fase, se llevaron a cabo los procesos de implementación de los incrementos del proyecto en el entorno productivo, el cual está alojado en la nube. Este despliegue engloba tanto el Frontend como el Backend, mediante la actualización del directorio para sincronizarlo con los cambios de la rama

principal. Además, se incluyó la gestión de la base de datos mediante la ejecución de scripts. Posteriormente, al concluir los sprints, se procedió al cierre del proyecto a través de una retrospectiva general. En esta sesión, se revisó exhaustivamente el product backlog para determinar el cumplimiento de cada épica e historia de usuario incluida en el alcance del proyecto, brindando así una evaluación global de los objetivos alcanzados.

## 1.2. Diagrama de flujo del desarrollo del software

**Figura 9.** Diagrama de flujo del desarrollo del software



### 1.3. Diagrama As Is – To Be

Figura 10. Diagrama As Is del proceso de fertilización de cultivos

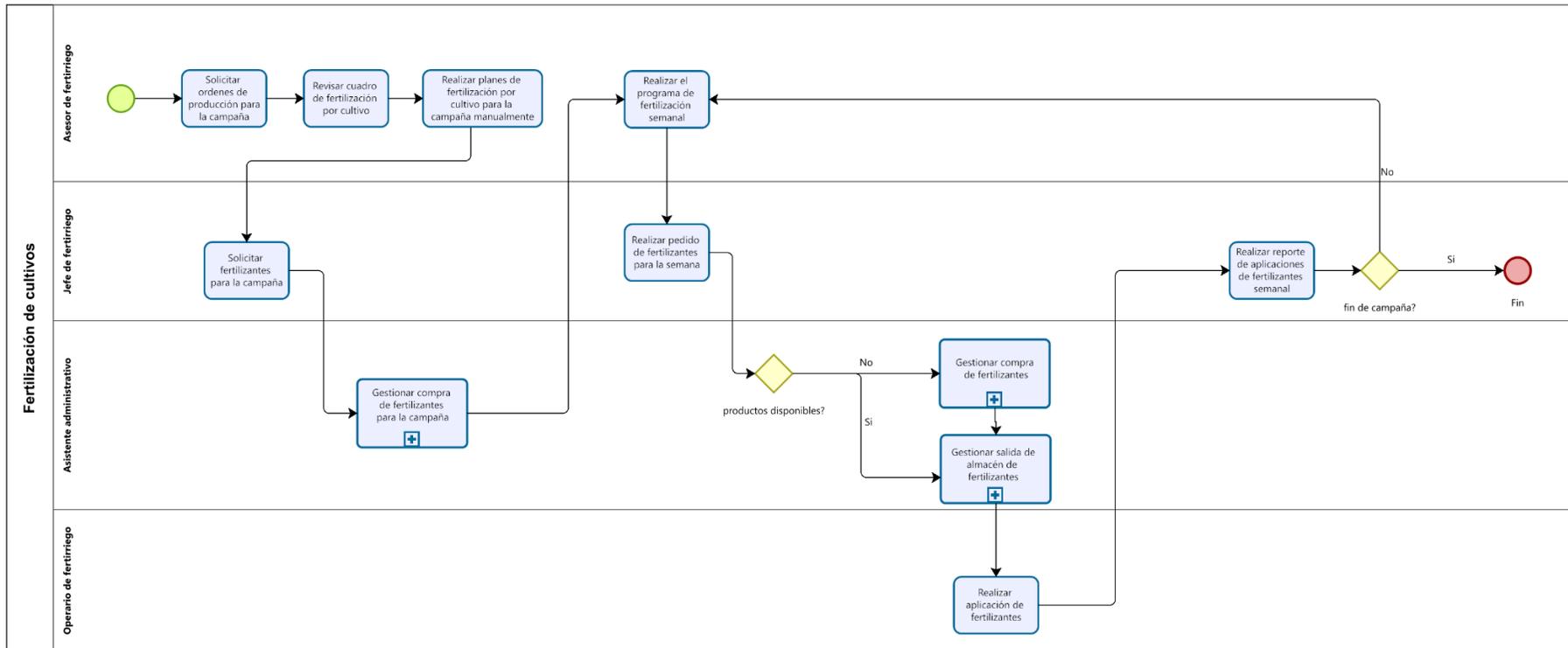
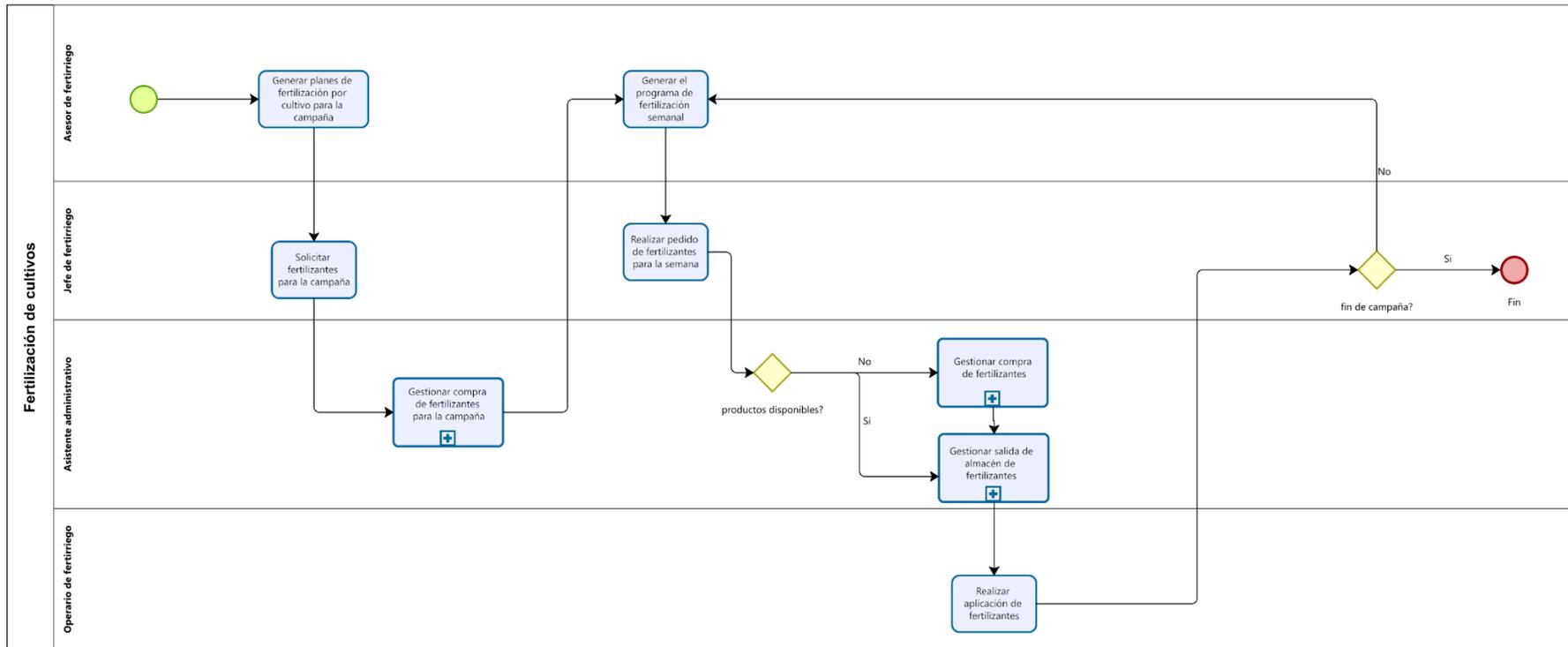


Figura 11. Diagrama To Be del proceso de fertilización de cultivos



#### 1.4. Tecnologías y lenguajes de programación

Para el desarrollo del aplicativo web se emplearon las siguientes tecnologías y lenguajes de programación.

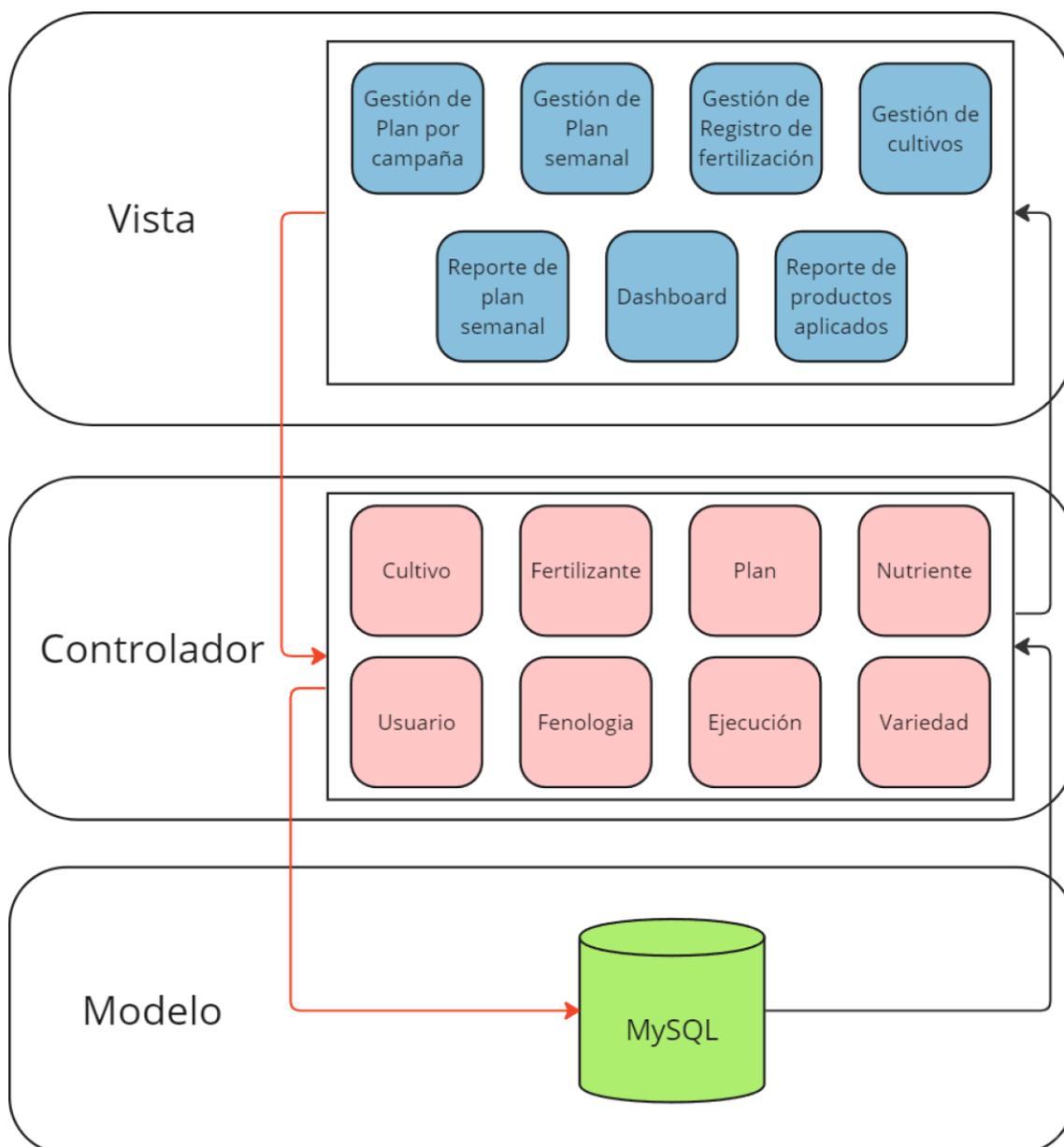
**Tabla 36.** *Tecnologías y lenguajes de programación*

Front End	Back End	Servidor
Angular 16 Typescript HTML CSS Angular Material Node.js NGX Charts jasmine-core	PHP versión 8.1 MySQL 8	Apache versión 2 Sistema operativo Linux bajo la distribución Ubuntu 20.04

*Nota.* Elaboración propia.

Además, el aplicativo web usa de nivel de Front End y Back End una arquitectura de software basada en el patrón Modelo – Vista – Controlador (MVC) debido a que este proporciona una arquitectura eficiente para el desarrollo de aplicaciones web al separar claramente las responsabilidades en tres componentes principales: el Modelo, que gestiona la lógica de negocio y los datos; la Vista, encargada de la presentación y la interfaz de usuario; y el Controlador, que gestiona las interacciones del usuario y coordina las actualizaciones entre el Modelo y la Vista (Sunardi y Suharjito 2019). Esta separación facilita la reutilización de código, el mantenimiento modular, el desarrollo colaborativo y la adaptabilidad a diferentes interfaces. Además, promueve la escalabilidad y simplifica el proceso de pruebas, contribuyendo a un código más organizado, reutilizable y fácil de mantener en aplicaciones web.

**Figura 12.** Diagrama de arquitectura de Software



Fuente: Adaptado de (Sunardi y Suharjito 2019)

De las funciones implementadas en el código fuente del aplicativo se destaca la que permite realizar la creación y actualización de los planes de fertilización semanal por su complejidad técnica y criticidad para el proceso al contener las reglas de negocio.

**Figura 13.** Función de creación de planes semanales de fertilización

```

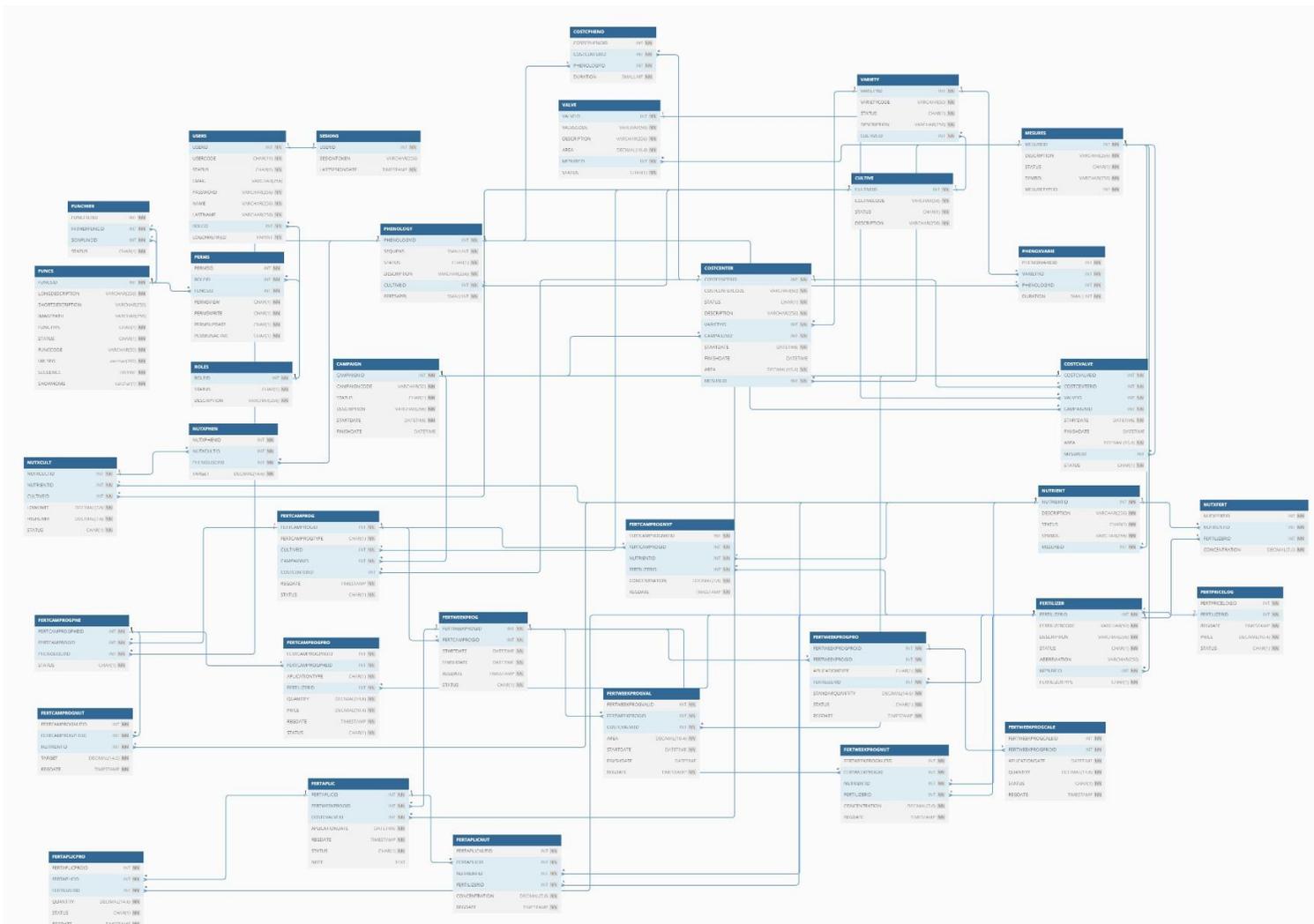
foreach( $t_centroCostoArr as $key_centrocosto => $ha_centrocosto ){
  foreach( $t_fenologiasArr as $key_fenologia => $item_fenologias ){
    $t_FERTCAMPROGPHEID= $item_fenologias[2] ?? 0;
    foreach( $item_fenologias[0] as $item_nutrienteObjetivo ){
      $t_campos = [
        'FERTCAMPROGPHEID' => "'$t_FERTCAMPROGPHEID'",
        'NUTRIENTID'       => "'". ( $item_nutrienteObjetivo[ 0 ] ?? 0 ) . "'",
        'TARGET'          => "'". number_format( ( ( $item_nutrienteObjetivo[ 1 ] ?? 0 ) ) , 2 , '.' , '' ) . "'",
      ];
      $sql = "INSERT INTO baludbdev.FERTCAMPROGNUT( " . implode( ',' , array_keys( $t_campos ) ) . " )
VALUES( " . implode( ',' , array_values( $t_campos ) ) . " ) ON DUPLICATE KEY UPDATE TARGET=VALUES(TARGET)";
      if ($con->query($sql) === TRUE) {
        $t_FERTCAMPROGNUTID = $con->insert_id;
        $data[] = [ 'FERTCAMPROGNUTID' => $t_FERTCAMPROGNUTID ];
      } else {
        $data[ 'detalle_error' ] = $con->error;
      }
    }
  }
  $sql = "UPDATE baludbdev.FERTCAMPROGPRO SET STATUS = 0 WHERE FERTCAMPROGPHEID = '$t_FERTCAMPROGPHEID'";
  if ($con->query($sql) === TRUE) {
  } else {
    echo "No se ha podido desactivar los productos de la fenología.";
    $data[ 'detalle_error' ] = $con->error;
  }
  foreach( $item_fenologias[1] as $key_producto => $item_producto ){
    $t_nutrientesArr = $item_producto[ 3 ] ?? [ ];

    $t_quantity = number_format( ( $item_producto[ 1 ] ?? 0 ) , 2 , '.' , '' );
    $t_price = number_format( ( $item_producto[ 2 ] ?? 0 ) , 2 , '.' , '' );

    $t_campos = [
      'FERTCAMPROGPHEID' => "'$t_FERTCAMPROGPHEID'",
      'APLICACIONTYPE'   => "'". ( $item_producto[ 0 ] ?? 0 ) . "'",
      'FERTILIZERID'     => "'". $key_producto . "'",
      'QUANTITY'         => "'". $t_quantity . "'",
      'PRICE'            => "'". $t_price . "'",
      'STATUS'           => 1,
    ];
    $sql = "INSERT INTO baludbdev.FERTCAMPROGPRO( " . implode( ',' , array_keys( $t_campos ) ) . " )
VALUES( " . implode( ',' , array_values( $t_campos ) ) . " ) ON DUPLICATE KEY UPDATE QUANTITY=VALUES(QUANTITY) ,
PRICE=VALUES(PRICE), STATUS=VALUES(STATUS)";
  }
}

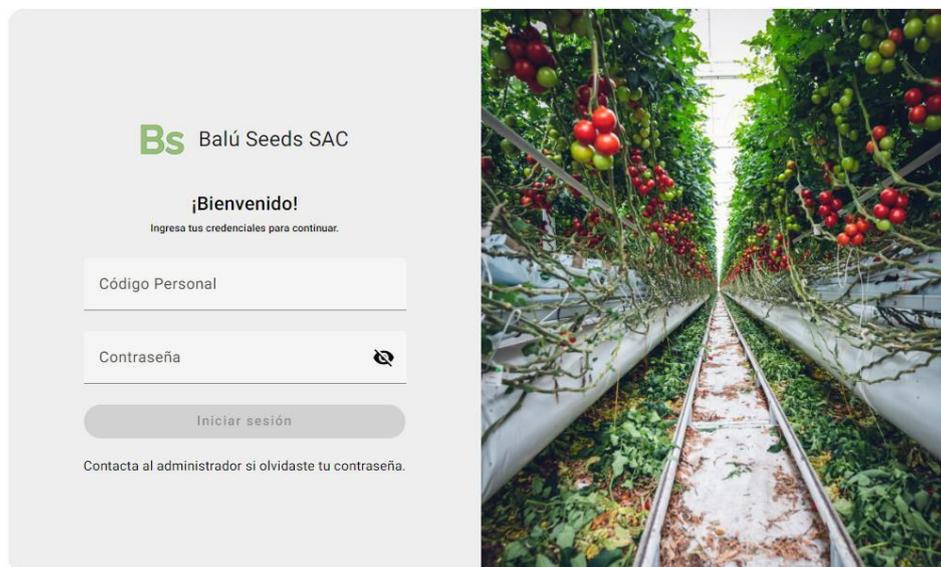
```

Figura 14. Diseño de la base de datos



A continuación, se presentan las interfaces del aplicativo vinculadas a cada historia de usuario.

**Figura 15.** Interfaz de inicio de sesión



**Figura 16.** Interfaz de registro de usuario

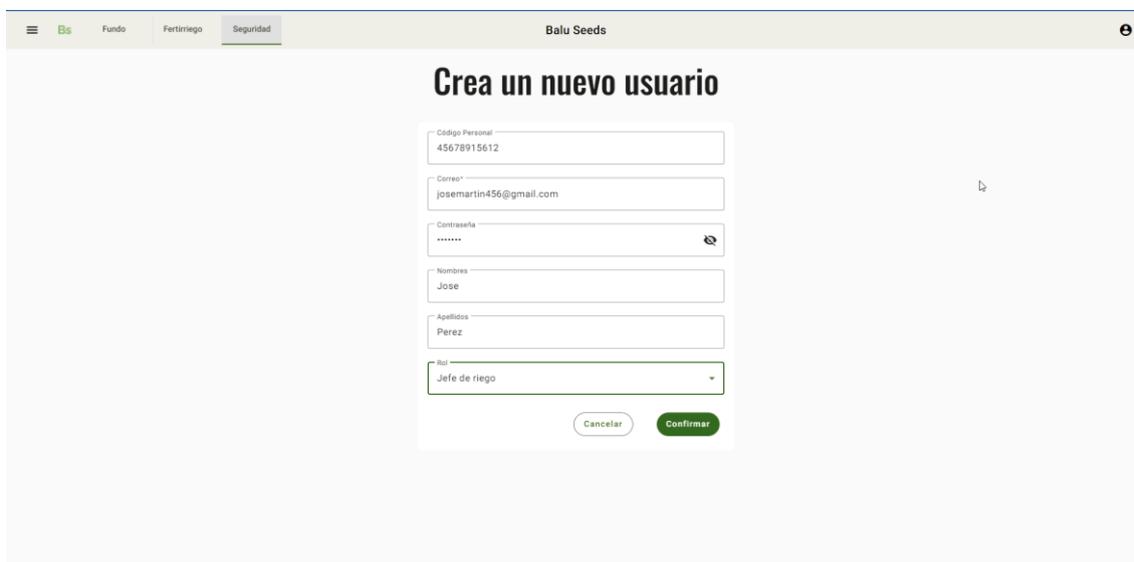


Figura 17. Interfaz de gestión de privilegios

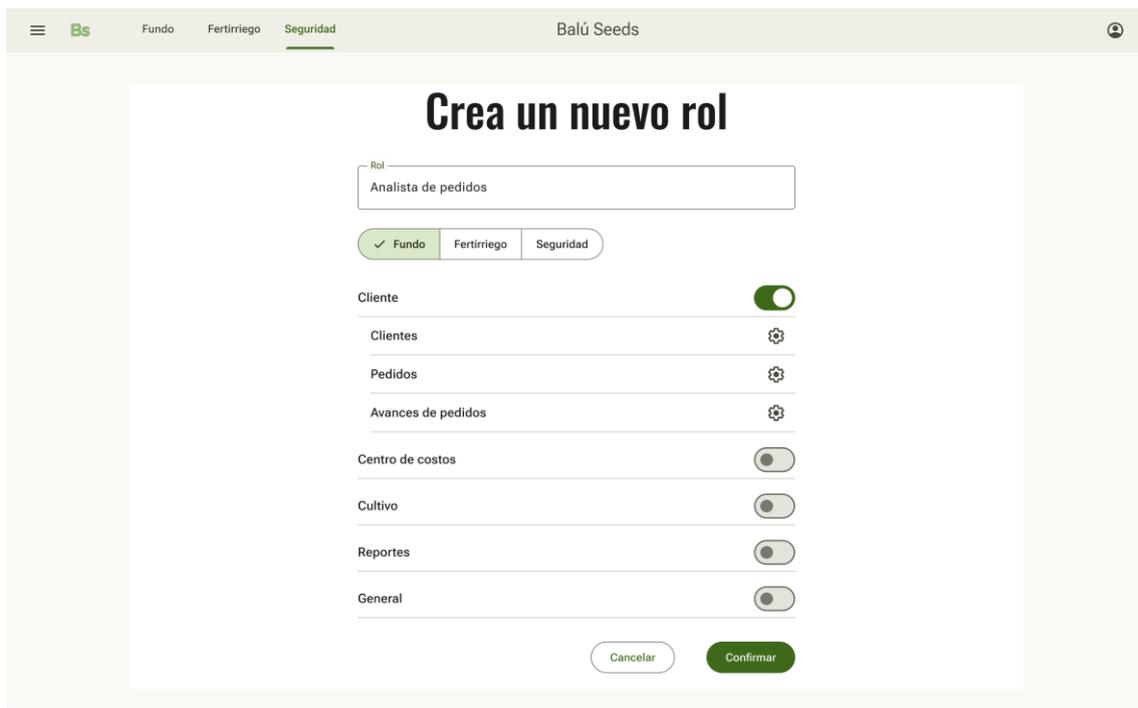


Figura 18. Interfaz de componentes de navegación

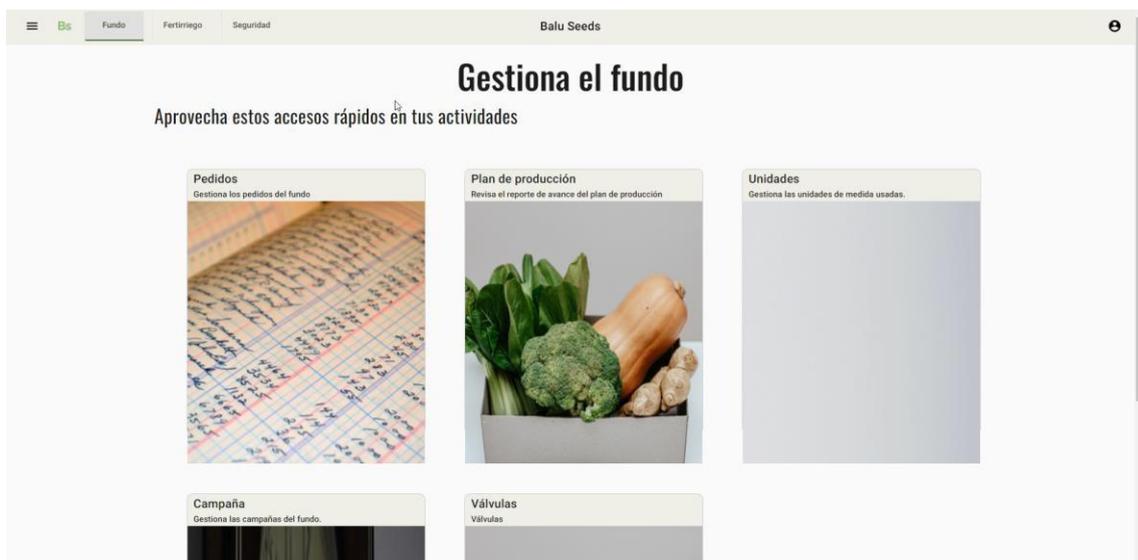


Figura 19. Interfaz de centros de costos

Estado	Código	Descripción	Cultivo y variedad	Campaña	Rango de fechas	Área	Acciones
Activo	SEZA015	ZAPALLO VARIEDAD H12724 HYM CLAUSE 2023-2024	Zapallo H12724	Campaña 2023	30/01/2024 - En curso	0.28 Ha	⋮
Activo	SELE015	SELE015 LECHUGA Nº 15 30VARIEDADES BASF- JUNIO 2023-2024	Lechuga Mixto 30 variedades	Campaña 2023	27/01/2024 - En curso	1.00 Ha	⋮
Activo	SESA020-M	SANDIA H24915 HM. CLAUSE 2023-MACHO	Sandia H24915	Campaña 2023	04/01/2024 - En curso	0.30 Ha	⋮
Activo	SESA020-H	SANDIA H24915 HM. CLAUSE 2023-HEMBRA	Sandia H24915	Campaña 2023	01/12/2023 - En curso	1.20 Ha	⋮
Activo	SET0013	Tomate Top Variedad TOP6971 BASF Julio 2023	Tomate General	Campaña 2023	01/06/2023 - En curso	0.15 Ha	⋮

Filas por página 10 1 de 1

+ Nuevo

Figura 20. Interfaz de unidades de medida

Estado	Descripción	Unidad	Tipo	Acciones
Activo	Hectareas	Ha	Área	⋮
Activo	Kilogramos	Kg	Peso	⋮
Activo	Litros	Lt	Volumen	⋮

Filas por página 10 1 de 1

+ Nuevo

Figura 21. Interfaz de nutrientes

Estado Descripción Símbolo Unidad Acciones

✓ Activo	Boro	B	Kilogramos	⋮
✓ Activo	Calcio	Ca	Kilogramos	⋮
✓ Activo	Fosforo	P	Kilogramos	⋮
✓ Activo	Magnesio	Mg	Kilogramos	⋮
✓ Activo	Nitro y amonio	NH	Kilogramos	⋮
✓ Activo	Nitrogeno	N	Kilogramos	⋮
✓ Activo	Potasio	K	Kilogramos	⋮

Filas por página 10 1 de 1

+ Nuevo

Figura 22. Interfaz de estados fenológicos

Estado Orden Descripción Aplicaciones por producto Acciones

✓ Activo	1	Transplante	10	⋮
✓ Activo	2	Brote	15	⋮
✓ Activo	3	Crecimiento	5	⋮
✓ Activo	4	Madurez	20	⋮

Filas por página 10 1 de 1

+ Nuevo

Figura 23. Interfaz de campaña

The screenshot displays the 'Gestiona las Campañas' (Manage Campaigns) interface. At the top, there is a navigation bar with 'Balú Seeds' and a search bar. Below the title, there is a 'Volver a Inicio' (Return to Home) link and a search input field. The main content is a table with the following data:

Estado	Código	Descripción	Rango de fechas	Acciones
✓ Activo	BALUSEED2023	Campaña 2023	01/05/2023 - En curso	⋮

At the bottom right, there is a '+ Nuevo' (New) button. The table footer indicates 'Filas por página 10' and '1 de 1'.

Figura 24. Interfaz de cultivos y variedades

The screenshot displays the 'Gestiona los Cultivos' (Manage Crops) interface. At the top, there is a navigation bar with 'Balú Seeds' and a search bar. Below the title, there is a search input field. The main content is a table with the following data:

Estado	Código	Descripción	Variedades	Estados Fenológicos	Acciones
✓ Activo	BALULEC	Lechuga	Mixto 30 variedades	Almacigo,Bolting,Crecimiento,Maduración	⋮
✓ Activo	BALUMEL	Melón	No registrados	No registrados	⋮
✓ Activo	BALUPIM	Pimiento	No registrados	No registrados	⋮
✓ Activo	BALUSAN	Sandía	H24915	Almacigo,Crecimiento,Maduración,Polinización,Pre cosecha	⋮
✓ Activo	BALUTOM	Tomate	General	Almacigo,Cosecha,Crecimiento,Maduración,Polinización	⋮
✓ Activo	BALUZAP	Zapallo	H12724	Almacigo,Crecimiento,Maduración,Polinización,Pre cosecha	⋮

At the bottom right, there is a '+ Nuevo' (New) button. The table footer indicates 'Filas por página 10' and '1 de 1'.

Figura 25. Interfaz de fertilizantes

Figura 25 shows the 'Gestiona los Fertilizantes' interface. The table contains the following data:

Estado	Código	Descripción	Unidad	Precio Referencial(\$)	Acciones
Activo	0000217	MOVAXION	Litros	10.65	
Activo	FER005	ACIDO BORICO	Kilogramos	0.59	
Activo	FER004	ACIDO FOSFORICO	Kilogramos	1.46	
Activo	ENM005	FERTILFISH	Litros	3.15	
Activo	AGR010	GENJINO	Litros	17.19	
Activo	0000108	MEGAKEL COMPLEX	Kilogramos	2.17	
Activo	FER002	Nitrato de calcio	Kilogramos	0.68	
Activo	FER003	NITRATO DE POTASIO	Kilogramos	1.35	
Activo	FER007	SULFATO DE MAGNESIO	Kilogramos	0.31	
Activo	FER006	SULFATO DE POTASIO	Kilogramos	1.30	

Figura 26. Interfaz de umbrales de nutrientes

Figura 26 shows the 'Gestiona los Umbrales de Nutrientes de Lechuga' interface. A modal window titled 'Objetivos por Estado Fenológico' is open, showing the following data:

Estado Fenológico	Objetivo (Kg)
Transplante	3.00
Brote	4.00
Crecimiento	0.00
Madurez	5.00

**Figura 27.** Interfaz de plan de fertilización por campaña



**Figura 28.** Interfaz de plan de fertilización semanal



**Figura 29. Interfaz de aplicación de fertilizantes**

**Lechuga 2 2023 (LUC45)**

**Datos Generales:**

Fenología: Brote

Válvula: VALVULA 02

Fecha programada: 1/12/2023

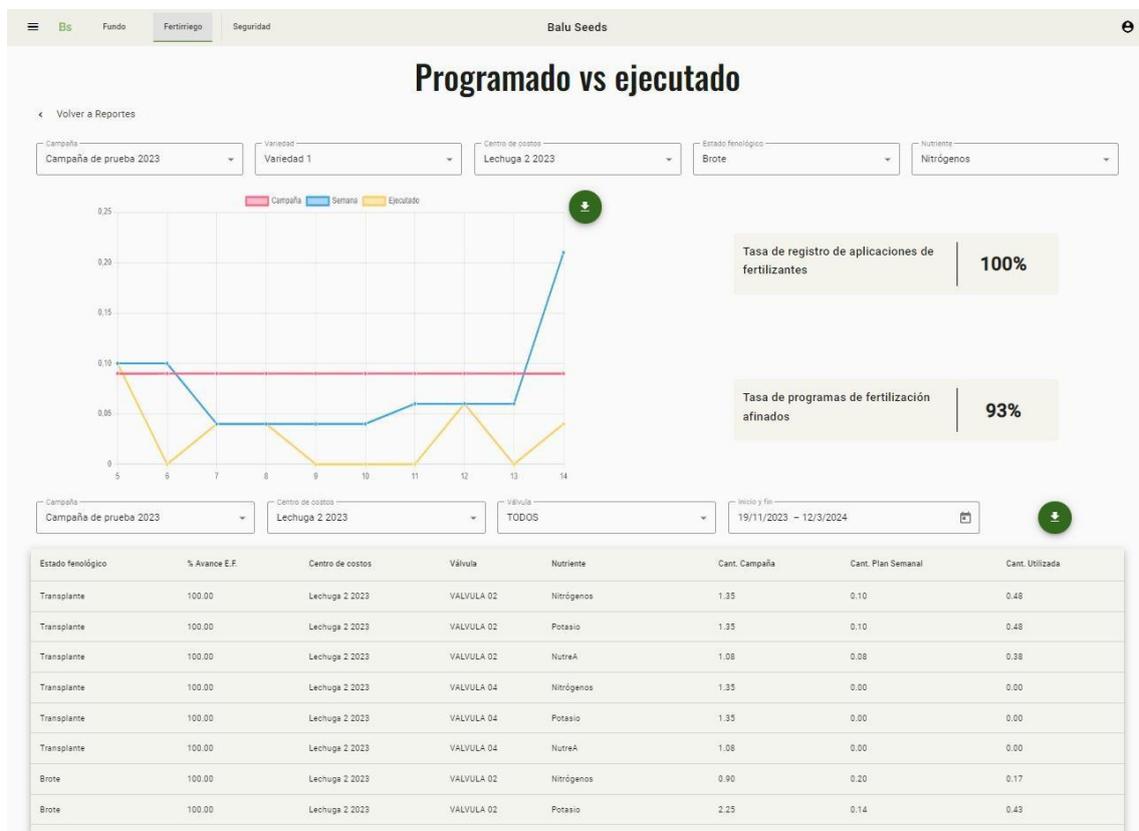
Fecha ejecutada: 1/12/2023

Glosa (opcional):

**Productos**

Producto	Cantidad (Kg)
Potasio (10.00%) Adicional 2	0.2133
Nutrea (8.00%), Potasio (10.00%) Nutricional 3	0.8533
Nitrógeno (10.00%) Nutricional 5	0.4267

**Figura 30. Interfaz de programados vs ejecutado**



**Figura 31. Interfaz de programa de salidas de almacén**

**Consumo de fertilizantes**

< Volver a reportes Inicio y fin 05/09/2023 - 05/09/2023 Ingresa un término de búsqueda 📄

Código CC	Centro de costos	Fecha de consumo	Código Fertilizante	Fertilizante	Cant. Utilizada
ESF001	TOMATE 3 VARIEDADES- HM...	01/08/2023	BALU SEEDS - 2023	Tomate Variedad 1	100
ESF001	TOMATE 3 VARIEDADES- HM...	01/08/2023	BALU SEEDS - 2023	Tomate Variedad 2	200
HMC001	TOMATE 3 VARIEDADES- HM...	09/06/2023	BALU SEEDS - 2023	Lechuga Variedad 1	50
HMC001	TOMATE 3 VARIEDADES- HM...	09/06/2023	BALU SEEDS - 2023	Lechuga Variedad 2	100
ICS001	TOMATE 3 VARIEDADES- HM...	20/07/2023	BALU SEEDS - 2023	Tomate Variedad 2	80

Filas por página **10** 1-10 de 10 < >

**Figura 32. Interfaz de reporte de plan semanal de aplicaciones**

**Plan semanal de aplicaciones**

< Volver a reportes Campaña BALU SEEDS - 2023 Centro de costos ESF001 Válvula Valvula 1 Semana Semana 4 📄

Fecha	Semana	Dias	Nitrato de calcio	Nitrato de potasio	Acido Fosfórico	Sulfuro de potasio
12/09/2023	4	20	4	4		
13/09/2023	4	21	4.5			
14/09/2023	4	22			0.3	4.5
15/09/2023	4	23	4	4		
16/09/2023	4	24			0.3	
17/09/2023	4	25			0.3	4.5
18/09/2023	4	26				

Filas por página **10** 1-10 de 10 < >

## Anexo 10: Artículo científico

# ***Hacia una Agricultura Sostenible en Ica, Perú: Un Enfoque Digital de Fertilización de Cultivos Utilizando un Aplicativo Web.***

*Aplicativo web para el proceso de fertilización de cultivos*

*Villanueva, Rodolfo / rhhvillanueva@ucvvirtual.edu.pe / (orcid.org/0000-0003-4725-8917)*

*Pacheco, Alex / aapachecop@ucvvirtual.edu.pe (orcid.org/0000-0001-9721-0730)*

### **Resumen**

*La utilización de las tecnologías de la información se ha convertido en un enfoque fundamental para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de la agricultura moderna. En este contexto, presentamos un aplicativo web innovador diseñado para la gestión y optimización de la fertilización de cultivos. Para el diseño y construcción del software se utiliza la metodología SCRUM para el desarrollo ágil de productos y tecnologías como las Angular 16 para el frontend y PHP 8.1 para el backend. De esta implementación se obtuvo un aplicativo web con la capacidad de permitir la gestión de los programas de fertilización desde su planificación inicial hasta el control de su ejecución brindando indicadores que permitan controlar adecuadamente el proceso. Se concluye que la implementación de esta herramienta incrementó la tasa de actualización de los programas de fertilización, así como la calidad de estos impactando en el crecimiento de los cultivos.*

### **1. Introducción**

*Hoy en día, existe una carencia en el uso de las tecnologías de la información en los procesos de negocio de las empresas agrícolas en el Perú pese a que esto se ha vuelto un estándar en las empresas de rubros más desarrollados [1][2]. Bajo esta perspectiva, la utilización de aplicaciones digitales para la integración y automatización de procesos de negocio es ahora una prioridad para las empresas que buscan mantenerse competitivas [3]. Por lo tanto, es necesario que estas aplicaciones sean capaces de adecuarse a las distintas necesidades y reglas que tiene cada proceso [4].*

*Los aplicativos webs cuentan con la característica de ser accesibles a través de internet utilizando diferentes dispositivos como laptops, smartphones y tablets [5]. Además, no es necesario que sean instalados en el dispositivo puesto que se ejecutan sobre el navegador web y son usados para distintos ámbitos como el empresarial, científico, cultural, entre otros [6]. También es importante considerar que para su desarrollo se utilizan tecnologías open-source lo que reduce el costo de implementación, esto es especialmente importante para empresas con presupuesto limitado para proyectos de innovación [7].*

*Bajo esta perspectiva, la implementación de un aplicativo web es una iniciativa tentadora para los procesos agrícolas como la fertilización de cultivos que busca lograr un óptimo nivel de producción en las plantas a través del uso de productos dirigidos cubrir las particulares necesidades nutricional de cada tipo de cultivo [8]. Para este propósito se*

*generan programas de fertilización especializados a partir de características como el estado fenológico, análisis de suelos, eficiencia de los nutrimentos, entre otros [9][10].*

*La utilidad de esta herramienta ha sido demostrada en múltiples situaciones, estas no son ajenas a los procesos agrícolas vinculados a la fertilización de cultivos reduciendo costos operativos, aumentando su eficiencia y mejorando el control de estos [11][12][4]. Sin embargo, se debe investigar cómo conseguir la implementación eficaz de un aplicativo web en el proceso de fertilización de cultivos de una agrícola que cuenta con diferentes cultivos desarrollándose en paralelo. Se cuenta con la necesidad de mantener un flujo continuo y ordenado de la información relacionada con las aplicaciones de fertilizantes que permita alinear los programas según la evolución de cada lote que se encuentre en desarrollo.*

*El presente estudio busca cubrir el vacío de conocimiento descrito analizando la implementación del aplicativo web en la gestión de procesos agrícolas, orientándose al control de programas de fertilización y su impacto en el cumplimiento de los objetivos nutricionales de los cultivos. Se busca mejorar el flujo de información y su uso efectivo en la toma de decisiones en el marco de la fertilización.*

*Por lo anteriormente expuesto, el objetivo del estudio es implementar un aplicativo web para optimizar el proceso de fertilización de cultivos de una empresa agrícola dedicada a la producción de semillas.*

*Esta investigación contribuye mejorando la eficiencia agrícola al optimizar el uso de recursos como fertilizantes y agua. Este cambio ayuda a la sostenibilidad ambiental de la región y de la industria. Además, se alinea con los Objetivos de Desarrollo sostenible, como el ODS6 y el ODS12, al contribuir a la gestión sostenible del agua y a la gestión responsable de recursos en la agroindustria.*

*El presente artículo cuenta con los siguientes apartados: En la Sección 2 (Método) del documento, se proporciona una explicación minuciosa de cómo se implementó el software, detallando sus características esenciales y sus capacidades fundamentales. En la Sección 3 (Resultados), se exhiben ejemplos ilustrativos que muestran la aplicación y el desempeño del software en el proceso de fertilización de cultivos. La Sección 4 (Discusión) se dedica a analizar el impacto que la implementación del software ha tenido en el control de las aplicaciones realizadas, así como a evaluar el porcentaje de programas de fertilización beneficiados con esta información. En la Sección 5 (Conclusiones), se presentan las conclusiones derivadas del estudio, resumiendo los resultados principales y subrayando las implicaciones del trabajo realizado. Finalmente, en la sección 6, se ofrecen recomendaciones para futuras investigaciones en este ámbito.*

## **2. Método**

*Para el desarrollo del aplicativo web se utilizó un computador de escritorio con un procesador Intel® core™ i7-8700K con 3.70GHz, junto a 16GB de RAM DDR4 y almacenamiento de 5000GB SSD M2. Además, se aplicó la metodología SCRUM utilizando sus instrumentos, ceremonias, principios y roles distribuidas en 5 fases estructurales. [13]*

**A) Inicio:** En esta fase se elaboró la visión del proyecto: “Desarrollar una aplicación web de fácil uso que agilice y ordene la planificación, ejecución y seguimiento del proceso de fertilización de cultivos de la empresa Balu Seeds S.A.C.”, se seleccionó al Scrum Master, Product Owner, stakeholders y equipo de desarrollo. Además, se listaron las épicas considerando las siguientes: seguridad, configuración, planificación, ejecución y reportes. Finalmente se redactó y priorizó el producto backlog considerando 17 historias de usuario las que fueron complementadas con el release plan mostrado en la siguiente tabla.

**Tabla 1: Product Backlog priorizado y release plan**

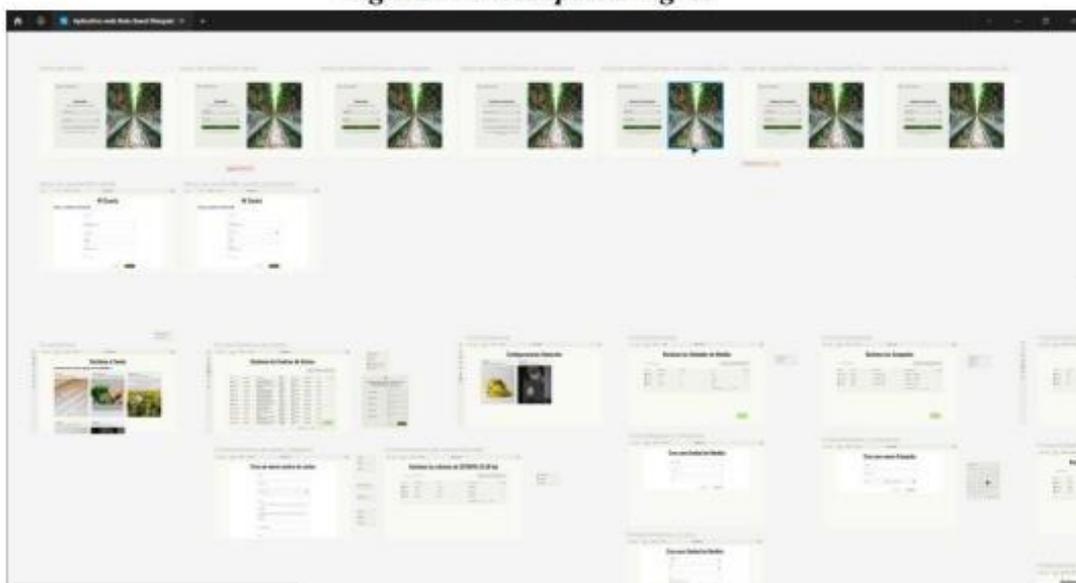
<b>Épica</b>	<b>HU</b>	<b>Descripción</b>	<b>Prioridad</b>	<b>Sprint</b>
Seguridad	PBI-01	Como usuario deseo iniciar de sesión de forma segura para disponer de las funcionalidades del aplicativo.	Alta	1
Seguridad	PBI-02	Como administrador del sitio deseo gestionar a los usuarios para controlar el acceso al aplicativo.	Alta	1
Seguridad	PBI-03	Como administrador del sitio deseo gestionar los roles y privilegios de los usuarios para limitar el uso de sus funcionalidades.	Media	1
Configuración	PBI-04	Como usuario deseo contar con componentes de navegación para desplazarme eficientemente por el aplicativo.	Alta	1
Configuración	PBI-05	Como jefe de proyecto deseo gestionar los centros de costos del fundo para controlar su uso en las actividades.	Alta	2
Configuración	PBI-06	Como asistente administrativo deseo gestionar las unidades de medida usadas para alinear su uso según la realidad de la operación.	Alta	2
Configuración	PBI-07	Como asesor de fertirriego deseo gestionar los nutrientes para controlar su medición a los cultivos.	Alta	2
Configuración	PBI-08	Como jefe de proyecto deseo gestionar los estados fenológicos de los cultivos para poder analizar la evolución de los cultivos en base a estos.	Alta	2
Configuración	PBI-09	Como jefe de proyecto deseo gestionar las campañas productivas para analizar su progreso en base a los objetivos planteados.	Alta	2
Configuración	PBI-10	Como jefe de proyecto deseo gestionar los cultivos y variedades para identificar los producidos en el fundo.	Alta	2
Configuración	PBI-11	Como asesor de fertirriego deseo gestionar los fertilizantes para controlar su uso en los cultivos.	Alta	2
Configuración	PBI-12	Como asesor de fertirriego deseo determinar los umbrales de nutrientes por cultivo para determinar los objetivos de fertilización.	Alta	3

Planificación	PBI-13	Como asesor de fertirriego deseo gestionar el plan de fertilización por campaña para determinar las metas de cada centro de costos.	Alta	3
Planificación	PBI-14	Como asesor de fertirriego deseo gestionar el plan de fertilización semanal para afinar las aplicaciones a realizar.	Alta	3
Ejecución	PBI-15	Como jefe de fertirriego deseo realizar las aplicaciones de fertilizantes para cumplir con los objetivos planteados.	Alta	4
Reportes	PBI-16	Como asesor de fertirriego deseo tener el dashboard de programado vs ejecutado para analizar el progreso de los programas de fertilización.	Alta	4
Reportes	PBI-17	Como jefe de fertirriego deseo tener el reporte del plan semanal de aplicaciones para gestionar las aplicaciones a realizar.	Media	4

Las siguientes fases se ejecutaron durante cada sprint los cuales fueron 4 de 15 días cada uno.

**B) Planificación y estimación:** En esta fase se realizó el refinamiento y estimación de las historias de usuario comprometidas en el sprint backlog. Además, se explicaron y comprometieron las historias de usuario a desarrollar en el Sprint Planning. Para el refinamiento de cada historia de usuario se consideró la elaboración de un prototipo diseñado en Figma siguiendo la guía de estilos descrita en Material Design 3, la descripción detallada de la historia de usuario y la elaboración de casos de prueba. Estos se describen en las siguientes figuras.

**Figura 1: Prototipo en Figma**



**Figura 2: Historia de usuario**

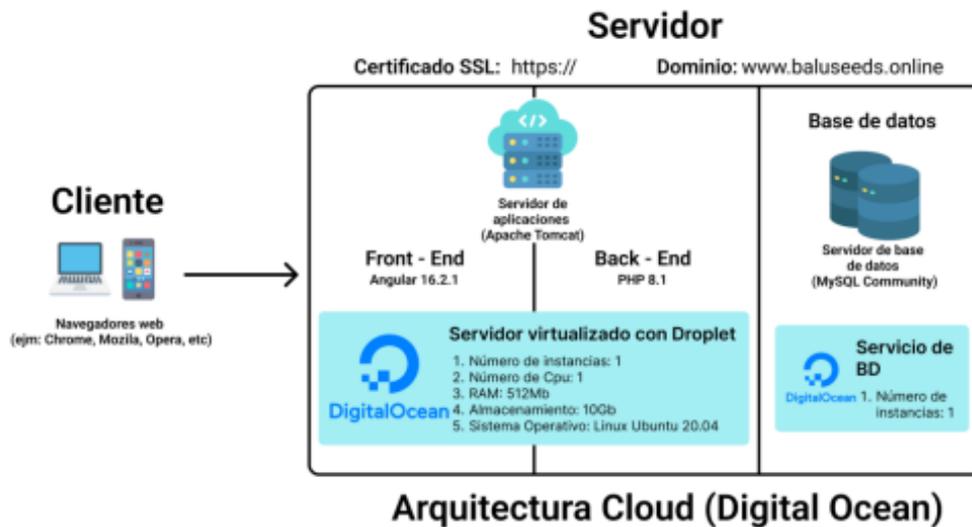
Historia de usuario			
Código	PBI-01		
Nombre de HU	Como usuario deseo iniciar de sesión de forma segura para disponer de las funcionalidades del aplicativo.	Puntos estimados	5
Sprint	1	Prioridad	Alta
Criterios de aceptación			
<p>El usuario se ubica en la página "Inicio de sesión":</p> <p>CA1: En el corte desktop, se muestra centrado en la página una sección compuesta del formulario de inicio de sesión del lado izquierdo y de una imagen del lado derecho.</p> <p>CA2: El formulario de inicio de sesión se compone de los siguientes elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Logo de la empresa compuesto de icono "Balú Seeds" y texto: "Balú Seeds SAC".</li> <li>- Texto título: "¡Bienvenido!".</li> <li>- Texto subtítulo: "Ingresar tus credenciales para continuar".</li> <li>- Campo "Código personal" que permite el ingreso de caracteres numéricos. Se pueden ingresar como máximo 11 caracteres.</li> <li>- Campo "Contraseña" que permite el ingreso de caracteres alfanuméricos y caracteres especiales. Se pueden ingresar como máximo 14 caracteres.</li> <li>- Botón "Iniciar sesión" deshabilitado que no ejecuta ninguna acción al seleccionarse.</li> <li>- Texto: "Contacta al administrador si olvidaste tu contraseña".</li> </ul> <p>CA3: El campo "Contraseña" cuenta con el icono "Visible" al lado derecho. Al seleccionarlo muestra los valores ocultos del campo y se modifica al icono "Invisible". Al volver al seleccionarlo regresa el campo a su estado anterior.</p> <p>CA4: El botón "Iniciar sesión" se habilita si se cumplen las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se ingresa texto en el campo "Código personal" con al menos 8 caracteres.</li> <li>- En caso no se cumple con el formato aparecerá el texto en color rojo "El código debe tener más de 8 dígitos" debajo del campo "Código personal".</li> <li>- Se ingresa texto en el campo "Contraseña".</li> </ul> <p>CA5: Al seleccionar el botón "Iniciar sesión" habilitado, se validan las credenciales ingresadas dando los siguientes posibles resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En caso no se tenga registrado el Código personal usado o la contraseña no sea la correcta se muestra un mensaje flotante con el texto: "Las credenciales que ingresaste no son válidas".</li> <li>- En caso el usuario use un Código personal válido pero se equivoque más de 10 veces al ingresar sus credenciales se muestra un mensaje flotante con el texto: "Su cuenta ha sido bloqueada por exceso de intentos. Comuníquese con el administrador.", y la cuenta será bloqueada impidiendo que pueda ser usada.</li> <li>- En caso el usuario use un Código personal vinculado a una cuenta bloqueada, se muestra un mensaje flotante con el texto: "Esta cuenta se encuentra bloqueada. Comuníquese con el administrador".</li> <li>- En caso las credenciales usadas sean correctas y la cuenta no se encuentre bloqueada, se permite el inicio de sesión redirigiendo la aplicación a la página "Fundo/Inicio" si el usuario la tiene disponible, "Fertiriego/Inicio" si el usuario no tuviese habilitada la anterior o "Seguridad/Usuarios" si el usuario no tuviese disponible ninguna de las dos anteriores.</li> </ul>			

**Figura 3: Caso de prueba**

Caso de prueba (CDP)	
Código	PBI-07-HU-01-CP-008
Nombre CDP:	El asesor de riego visualiza la columna "Nutrientes configurados" de un cultivo con más de un nutriente habilitado.
Resoluciones	Desktop y mobile
Pre condiciones	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usuario ubicado en la página "Fertiriego/General/Umbrales"</li> <li>- Cultivo cuenta con más de un nutriente habilitado.</li> </ul>	
Pasos	
1.- Usuario visualiza la página.	
Resultado esperado	
Se muestra el texto "<Descripción de los nutrientes separadas por comas>" en la columna "Riego configurado" del cultivo con un nutriente habilitado.	

1) **Implementación:** Durante esta fase se realizó la codificación y certificación de las historias de usuario comprometidas en el sprint backlog y se realizaron las Daily Standup para alinear el progreso. Para el desarrollo se realizó en el Backend un servicio web REST en el lenguaje PHP8.1, el Frontend fue construido con el framework Angular 16 y para la base de datos se utilizó el motor de base de datos MySQL 8.0.34. Para la certificación se utilizaron los casos de prueba y el prototipo elaborados durante el refinamiento realizando pruebas manuales en un entorno servidor QA. Con respecto a la arquitectura de alojamiento, esta se basó en servicios en la nube del proveedor Digital Ocean contando con un servidor virtualizado para alojar el front-end y back-end del aplicativo y en un segundo servidor dedicado al alojamiento de la base de datos como se detalla en la figura 5.

**Figura 5: Diagrama de arquitectura de alojamiento del aplicativo web**

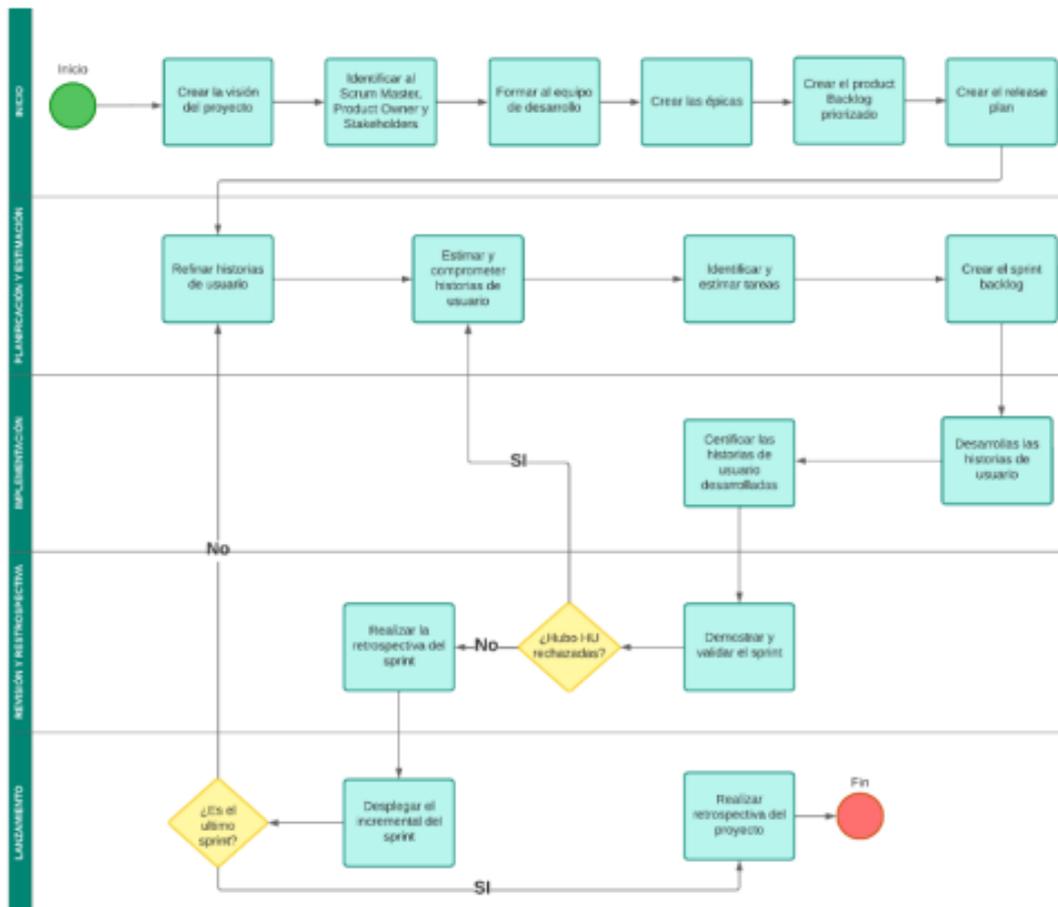


**D) Revisión y retrospectiva:** En esta fase se hizo la validación y demostración de las historias de usuario terminadas en la Review al product owner y stakeholders obteniendo una tasa de éxito del 100% de entregables aceptados en los 4 sprints. Además, se recolectó feedback del equipo de desarrollo en las reuniones de retrospectiva mejorando aspectos como: comunicación dentro del equipo, detalle en el reporte de errores del desarrollo y métodos de seguimiento a las tareas.

**E) Lanzamiento:** En esta fase se realizaron los procesos de despliegue de los incrementales del proyecto al ambiente productivo el cual se encuentra implementado en la nube. Esto incluye el Frontend y Backend, a través de la actualización del directorio sincronizándolo con los cambios de la rama principal, y la base de datos a través de la ejecución de scripts. Finalmente, luego de concluidos los sprints se realizó el cierre del proyecto a través de una retrospectiva general donde se repasó el product backlog determinando el cumplimiento de cada épica e historia de usuario incluida en el alcance.

El proceso de desarrollo del aplicativo web se describe en la figura 4 de forma visual.

**Figura 5: Diagrama de flujo del desarrollo del aplicativo web**



### 3. Resultados

En la figura 6, podemos apreciar la interfaz de planificación semanal de aplicaciones que permite al asesor de fertirriego actualizar el programa de fertilización para determinado centro de costos con el objetivo de establecer que fertilizantes y en que cantidades se usarán para cada día de la semana. Esta funcionalidad cuenta con las siguientes características: a) sugerir los productos y cantidades a aplicar en base a la planificación por campaña y configuración del cultivo y estado fenológico., b) mostrar el avance de los objetivos de nutrientes para el estado fenológico actual, c) brindar información complementaria de aplicaciones, observaciones y fenología del centro de costos que se está planificando.

**Figura 6: Interfaz de planificación semanal de aplicaciones**



En la figura 7, podemos apreciar el dashboard que permite controlar el programa de aplicaciones. Este facilita al asesor de fertirriego conocer el progreso nutricional de los cultivos a través de una comparación entre las cantidades de nutrientes planificadas y ejecutadas. Esta funcionalidad cuenta con las siguientes características: a) comparar la nutrición de los cultivos en un diagrama de líneas pudiendo especificar la campaña, variedad, centro de costos, estado fenológico y nutriente. y b) mostrar el avance actual de la nutrición en una table pudiendo filtrar los registros por campaña, centro de costos, válvula y un periodo específico.

**Figura 7: Dashboard de control de programa de aplicaciones**

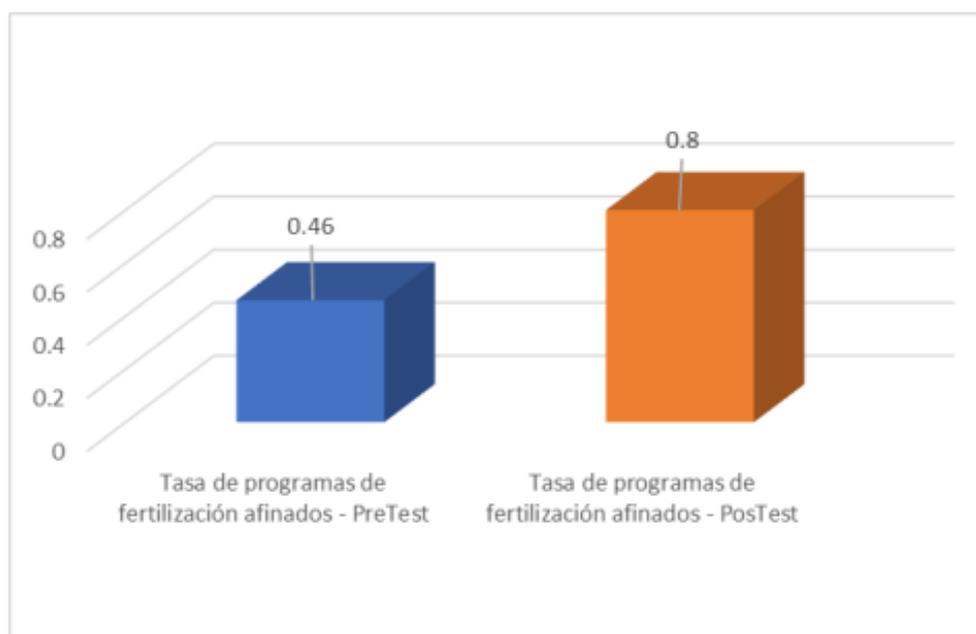


En la figura 8, se muestra el reporte del plan de aplicaciones que permite al usuario generar un reporte histórico de los planes de aplicación de fertilizantes gestionados en el aplicativo, esta funcionalidad permite a las personas operativamente responsables del proceso conocer el programa que se seguirá durante la siguiente semana. Además, permite el análisis de cultivos antiguos con el objetivo de mejorar las estrategias de fertilización futuras.

**Figura 8: Reporte histórico del plan de aplicaciones**

Fecha	Semana	Días	Nitrato de calcio	Nitrato de potasio	Acido Fosfórico	Sulfuro de potasio
12/09/2023	4	20	4	4		
13/09/2023	4	21	4,5			
14/09/2023	4	22			0,3	4,5
15/09/2023	4	23	4	4		
16/09/2023	4	24			0,3	
17/09/2023	4	25			0,3	4,5
18/09/2023	4	26				

En la figura 9, se muestra una comparación de las medias estadísticas del indicador “Tasa de programas de fertilización afinados” que considera la relación entre la cantidad de programas de fertilización que semanalmente han sido personalizados para optimizar el rendimiento del cultivo y la cantidad total de programas de fertilización que pudieron ser afinados. Se evidencia un incremento del 34% luego de haber implementado el aplicativo web.



#### 4. Discusión

*En el primer resultado, se demostró que la planificación de la fertilización de cultivos puede realizarse utilizando aplicativos webs, permitiendo conocer el historial del cultivo y con base en esa información establecer cantidades específicos para la aplicación de fertilizantes. La optimización de los métodos de gestión está íntimamente ligada a los aplicativos webs. El uso de sistemas de información en el sector agrícola mejora el control y precisión del uso del uso de fertilizantes en los cultivos permitiendo reducir el gasto de los agricultores y el impacto ambiental dejado por estas actividades [14][15][16]. Los beneficios económicos ligados a la implementación de tecnología pueden ser un fuerte motivador para que los agricultores con menor capacidad de inversión puedan decidirse a utilizar aplicaciones web en sus procesos. Además, la reducción de la huella ecológica tiene un impacto positivo para la comunidad en general y ayudan a que las empresas agrícolas sean sostenibles en el tiempo en un marco regulatorio cada vez más exigente.*

*De acuerdo con lo explicado en el segundo resultado, la implementación de un dashboard para el control de los programas de fertilización agiliza la toma de decisiones debido a que presenta la información más relevante de la evolución nutricional de los cultivos de una forma clara y precisa. La aplicación de dashboards en línea con indicadores clave de los procesos es una de las ventajas que puede proporcionar un aplicativo web. Esta funcionalidad permite recopilar y procesar los datos de forma automática logrando mostrar información valiosa que de forma gráfica alerte de comportamientos que deban ser corregidos en el proceso analizado [17][18][19]. La integración de indicadores semáforos en el dashboard podría facilitar a los usuarios el identificar cultivos que necesiten especial atención al estar por debajo de su nutrición mínima esperada permitiendo ejecutar acciones correctivas con agilidad y precisión.*

*Uno de los hallazgos más destacados de este estudio es el descrito en el tercer resultado. Esta funcionalidad permite a las personas operativamente responsables del proceso conocer de manera detallada el programa de fertilización seguido en semanas y meses anteriores. Esto es fundamental para la planificación a corto y largo plazo, ya que proporciona información valiosa sobre las estrategias de fertilización que han funcionado bien y aquellas que requieren ajustes. La generación de reportes operativos brinda valor al software frente a los usuarios y el proceso en el cual se aplica. La toma de decisiones basada en información obtenida de un software mejora los resultados obtenidos en un proceso pues este puede considerar las necesidades particulares que los usuarios requieren dependiendo del contexto en el cual se desenvuelven [20][21][22]. El uso de un software para gestionar la aplicación de fertilizantes en la agricultura puede permitir recopilar y analizar más datos relevantes, como las condiciones del suelo, el clima, el tipo de cultivo y las necesidades específicas de nutrientes de cada campo para mejorar y complementar los reportes proporcionados y por lo tanto las decisiones involucradas.*

*El incremento del 34% en el indicador “Tasa de programas de fertilización afinados” indica que los responsables de planificar la fertilización de los cultivos contaron con más información y facilidades para realizar ajustes personalizados en cada casuística mejorando de esta forma la posibilidad de que los cultivos tengan un rendimiento óptimo cuando se determine su producción. Es claro el impacto positivo de la implementación del aplicativo web en la gestión de programas de fertilización. La integración de sistemas de la información en procesos agrícolas proporciona un mayor control de los recursos y*

*optimizan la toma de decisiones logrando cubrir necesidades que la agricultura tradicional no permite lograr [23][24][25]. Al analizar que necesidades agrícolas no pueden ser cubiertas de forma tradicional entendemos que la utilización de más información como condiciones climáticas, plagas de la región e historial de productos aplicados en los procesos que van desde la siembra hasta la cosecha del cultivo permiten obtener una producción mayor y de mayor calidad.*

## **5. Conclusiones**

*En resumen, los resultados de este estudio destacan la importancia de la planificación de la fertilización de cultivos a través de aplicativos webs, lo que permite un manejo más preciso de los fertilizantes en la agricultura. La optimización de los métodos de gestión agrícola está estrechamente relacionada con el uso de sistemas de información en línea, lo que mejora el control y la precisión en la aplicación de fertilizantes, con el consiguiente beneficio económico tanto para los agricultores como para la comunidad en general. Además, este enfoque contribuye a reducir la huella ecológica de la agricultura y promueve la sostenibilidad en un entorno normativo cada vez más riguroso.*

*Por otro lado, la implementación de un dashboard para el control de los programas de fertilización se revela como una herramienta valiosa para acelerar la toma de decisiones. Estos dashboards proporcionan información clave sobre la evolución nutricional de los cultivos de manera clara y precisa, lo que facilita la identificación de problemas y la corrección de deficiencias en el proceso agrícola. El incremento significativo en la tasa de programas de fertilización afinados demuestra que esta tecnología mejora la capacidad de los responsables de la planificación para ajustar de manera personalizada las necesidades de los cultivos, lo que a su vez mejora la productividad y la calidad de la producción agrícola.*

*En definitiva, la integración de sistemas de información en los procesos agrícolas permite un mayor control de los recursos y optimiza la toma de decisiones, cubriendo necesidades que la agricultura tradicional no puede abordar de manera efectiva. El uso de datos como condiciones climáticas, plagas regionales e historiales de productos aplicados desde la siembra hasta la cosecha, se traduce en una mayor producción y calidad de los cultivos. Estos hallazgos subrayan la importancia de la tecnología y la información en la agricultura moderna para lograr una gestión más eficiente y sostenible.*

## **Referencias**

- [1] INEI, Perú: *Tecnologías de Información y Comunicación en las Empresas*, 2018. Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2020. Accessed: Jul. 20, 2023. [Online]. Available: <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/3296662-peru-tecnologias-de-informacion-y-comunicacion-en-las-empresas-2018>

- [2] Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), *Tecnologías digitales para un nuevo futuro*. Santiago: (LC/TS.2021/43), 2021. Accessed: Jun. 28, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/46816>
- [3] E. Veloz, V. Veloz, and D. Zamora, "Aplicaciones digitales como apoyo en la producción, agilidad y administración dentro de la empresa," *Revista Científica Ciencia y Tecnología*, vol. 22, no. 36, pp. 141–153, Oct. 2022, doi: 10.47189/RCCT.V22I36.524.
- [4] G. Martínez, D. Flórez, and N. Bravo, "Desarrollo de un sistema web y móvil para la gestión de cultivos agrícolas," *trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, vol. 10, no. 18, pp. 151–166, Jan. 2018, doi: 10.22430/21457778.669.
- [5] M. Valarezo, J. Honores, A. Gómez, and L. Vines, "Comparación de tendencias tecnológicas en aplicaciones web," *3c Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*, ISSN-e 2254-4143, Vol. 7, N.º. 3, 2018, págs. 28-49, vol. 7, no. 3, pp. 28–49, 2018, doi: 10.17993/3ctecno.2018.v7n3e27.28-49/30.
- [6] J. Molina, M. Zea, M. J. Contenido, and F. García, "Comparación de metodologías en aplicaciones web," *3c Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*, vol. 7, no. 1, pp. 1–19, 2018, doi: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2018.v7n1e25.1-19>.
- [7] T. Mina, "Desarrollo de aplicaciones web y móvil para la gestión de publicaciones científicas," *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, vol. 6, no. 6, pp. 973–982, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.23857/pc.v6i6.2798>.
- [8] M. Borja and J. García, "El Programa de Fertilizantes para el Bienestar y el mercado de frijol en México," *Agronomía Mesoamericana*, vol. 33, no. 2, May 2022, doi: 10.15517/AM.V33I2.47216.
- [9] L. Valdez, "CRECIMIENTO Y PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN PARA LISIANTHUS EN BASE A LA ACUMULACIÓN NUTRIMENTAL," *Agro Productividad*, vol. 11, no. 8, pp. 3–11, Sep. 2018, doi: 10.32854/AGROP.V11I8.1090.
- [10] J. Cedeño *et al.*, "Incremento del rendimiento y calidad nutricional del arroz con fertilización NPK complementada con micronutrientes," *Scientia Agropecuaria*, vol. 9, no. 4, pp. 503–509, Dec. 2018, doi: 10.17268/SCI.AGROPECU.2018.04.05.
- [11] A. Arce, E. Zuñiga, and J. Ramos, "Sistemas web para controlar y gestionar la producción de banano," *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, no. 6, p. 84, Jun. 2019, Accessed: Jul. 12, 2023. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9004004&info=resumen&idioma=ENG>
- [12] M. Gómez, N. Mossos, and R. Herrera, "Desarrollo de una herramienta tecnológica facilitadora de buenas prácticas agrícolas en los pequeños agricultores del Municipio de Argelia," *Informador técnico*, vol. 85, no. 2, pp. 160–171, 2021, doi: 10.23850/22565035.3642.
- [13] J. Becerra and C. Durango, "Propuesta de un método para desarrollar Sistemas de Información Geográfica a partir de la metodología de desarrollo ágil - SCRUM.," *Cuaderno activa*, vol. 10, pp. 29–41, 2018, doi: 10.53995/20278101.490.
- [14] Y. Lu *et al.*, "Precision Fertilization and Irrigation: Progress and Applications," *AgriEngineering* 2022, Vol. 4, Pages 626-655, vol. 4, no. 3, pp. 626–655, Jul. 2022, doi: 10.3390/AGRIENGINEERING4030041.

- [15] C. Alcaide, R. González, I. Fernández, E. Camacho, and J. Rodríguez, "Open source application for optimum irrigation and fertilization using reclaimed water in olive orchards," *Comput Electron Agric*, vol. 173, p. 105407, Jun. 2020, doi: 10.1016/J.COMPAG.2020.105407.
- [16] F. Villalobos, A. Delgado, Á. López-Bernal, and M. Quemada, "FertiliCalc: A Decision Support System for Fertilizer Management," *Int J Plant Prod*, vol. 14, no. 2, pp. 299–308, Jun. 2020, doi: 10.1007/S42106-019-00085-1.
- [17] I. Calle and M. Valles, "Dashboard digital para el monitoreo de indicadores y metas de los proyectos de consultores San Martín E.I.R.L.," *Revista Científica de Sistemas e Informática*, vol. 1, no. 1, pp. 24–36, Jan. 2021, doi: 10.51252/RCSI.V1I1.94.
- [18] T. Bhatia, H. Singh, P. Litoria, and B. Pateriya, "Development of Geographic Information System based COVID-19 Dashboards using Operations Dashboard for ArcGIS," *Journal of Information Technology and Sciences*, vol. 7, no. 2, Jun. 2021, doi: 10.46610/JOITS.2021.V07I02.002.
- [19] K. Rogage, E. Mahamedi, I. Brilakis, and M. Kassem, "Beyond digital shadows: A Digital Twin for monitoring earthwork operation in large infrastructure projects," *AI in Civil Engineering 2022 1:1*, vol. 1, no. 1, pp. 1–21, Dec. 2022, doi: 10.1007/S43503-022-00009-5.
- [20] M. Galarza, A. Peñafiel, J. Mora, and E. Castro, "Sistemas de apoyo a la toma de decisiones: caso de estudio dirección comercial.," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, Nov. 2019, doi: 10.46377/DILEMAS.V30I1.1157.
- [21] O. O. Varlamov *et al.*, "A Software Package Supporting Decision Making on the Safety of Thermolabile Blood Components," *Biomed Eng (NY)*, vol. 55, no. 5, pp. 355–359, Jan. 2022, doi: 10.1007/S10527-022-10135-0/METRICS.
- [22] A. Shirmarz and A. Ghaffari, "Automatic Software Defined Network (SDN) Performance Management Using TOPSIS Decision-Making Algorithm," *J Grid Comput*, vol. 19, no. 2, pp. 1–21, Jun. 2021, doi: 10.1007/S10723-021-09557-Z/METRICS.
- [23] M. Saban *et al.*, "A Smart Agricultural System Based on PLC and a Cloud Computing Web Application Using LoRa and LoRaWan," *Sensors 2023, Vol. 23, Page 2725*, vol. 23, no. 5, p. 2725, Mar. 2023, doi: 10.3390/S23052725.
- [24] I. Bhakta, S. Phadikar, and K. Majumder, "State-of-the-art technologies in precision agriculture: a systematic review," *J Sci Food Agric*, vol. 99, no. 11, pp. 4878–4888, Aug. 2019, doi: 10.1002/JSFA.9693.
- [25] L. Klerkx, E. Jakku, and P. Labarthe, "A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda," *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, vol. 90–91, p. 100315, Dec. 2019, doi: 10.1016/J.NJAS.2019.100315.