



**Identificación de la tecnología aplicada en la agricultura para el cultivo de tomate en
invernadero en Fómeque Cundinamarca para VECOL S.A**

NEVY JULIETH ACOSTA GUTIERREZ

MONICA PATRICIA ALVAREZ BERMUDEZ

DIEGO FELIPE VELANDIA MANCHEGO

Universidad EAN

Facultad de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas

Facultad de Ingeniería

Maestría en Administración de Negocios

Maestría en Proyectos de Desarrollo Sostenible

Maestría en Gerencia de Proyectos

Bogotá, Colombia

**Identificación de la tecnología aplicada en la agricultura para el cultivo de tomate en
invernadero en Fόμεque Cundinamarca para VECOL S.A**

NEVY JULIETH ACOSTA GUTIERREZ

MONICA PATRICIA ALVAREZ BERMUDEZ

DIEGO FELIPE VELANDIA MANCHEGO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Maestría en Administración de Negocios

Maestría en Proyectos de Desarrollo Sostenible

Maestría en Gerencia de Proyectos

Director (a):

Luz Maribel Guevara Ortega

Modalidad:

Consultoría Profesional

Universidad EAN

Facultad de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas

Facultad de Ingeniería

Maestría en Administración de Negocios

Maestría en Proyectos de Desarrollo Sostenible

Maestría en Gerencia de Proyectos

Bogotá, Colombia

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Ciudad, día/mes/año

Dedicatoria

Dedicamos este proyecto de grado principalmente a Dios, por darnos la oportunidad de estudiar y poder crecer profesionalmente y a nuestras familias por su apoyo incondicional.

Agradecimientos

Este trabajo de grado es el resultado del esfuerzo, dedicación e interés por aplicar los conocimientos recibidos en cada una de las maestrías que cursamos cada uno de los alumnos que conformábamos este equipo. Agradecemos a los funcionarios de la empresa VECOL S.A por su colaboración e interés en el desarrollo del trabajo, al igual que NOURISH GROUP S.A.S, ya que nos aportaron su conocimiento para llevarlo a cabo. Agradecemos a Luz Maribel Guevara Ortega, docente de la Universidad EAN y director de trabajo de grado, quien mediante sus recomendaciones y orientaciones logramos culminar con satisfacción este trabajo. A nuestras familias por su comprensión y paciencia por el tiempo concedido para el desarrollo de este.

Resumen

En el siguiente proyecto se exploran las tecnologías existentes en la agricultura para mejorar los procesos y eficiencias logrando tener una ventaja competitiva, calidad y rentabilidad. Dentro de la consultoría se explora el estado del arte y se propone un proceso piloto para identificar los beneficios reales de la tecnología a aplicar.

Para lo anterior, la consultoría considera un área de estudio como lo es el cultivo de tomate en Fόμεque Cundinamarca, en donde se identificaron las oportunidades por medio de encuestas a agricultores, funcionarios de VECOL S.A. y técnicos expertos. De la misma forma hubo acercamiento con proveedores de las tecnologías existentes tanto local como internacional. Se identificó que se tiene una aplicación para grandes extensiones y otros cultivos, en donde los mismos proveedores de tecnología desconocen las eficiencias que pueden generar estas tecnologías en el área de estudio.

En la consultoría se logra identificar que este cultivo es principalmente en invernadero y de una manera relevante, el nivel de tecnología es nulo o básico. Lo anterior se fundamenta en el empirismo de los agricultores de la región. Esto conlleva a que en este proyecto se plantee desarrollar una prueba piloto considerando como tecnologías a los sensores, estaciones meteorológicas, sistemas de información e Internet de las cosas.

Palabras clave: Internet de las cosas, agricultura 4.0, sostenibilidad, tomate en invernadero, prueba piloto.

Abstract

The following project explores different technologies applied on agriculture, improving the processes performance and efficiencies; this allows to obtain a competitive advantage, quality improvement, income benefits. The consultancy process explores the background of the area and proposes a pilot exercise to identify the real benefits of this technology.

This project focuses on tomato crops in Fόμεque, Cundinamarca, finding the opportunities using different surveys to farmers, VECOL S.A. workers and technicians. Furthermore, there were some approaches with local and international technology suppliers. Based on these approaches, it was identified that the actual technologies are being used for different type of crops and large extensions, where the experts as suppliers do not identify the real benefits on applying these technologies on the area this study is focusing.

This consultancy identifies that tomato crops in Fόμεque is performed under greenhouse conditions and in a significant way the level of knowledge is basic or low. Empiricism predominates on this field for the farmers in this region. Hence, this project concludes with the importance on proposing a pilot process considering sensors, meteorological stations, information systems and Internet of things.

Keywords: Internet of things, agriculture 4.0, sustainability, greenhouse tomato, pilot process.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción.....	14
Objetivos	15
Objetivo general.....	15
Objetivos específicos.....	15
Justificación	16
Marco Institucional.....	21
Misión	21
Visión.....	21
Estructura Organizacional.....	21
Productos	22
Marco contextual y conceptual	24
Beneficios de usar las tecnologías en la agricultura	24
Tipos de tecnologías:.....	26
Agricultura digital en el mundo.....	32
Agricultura digital en Colombia.....	34
Generalidades del cultivo de tomate.....	39
Diseño metodológico de la consultoría	42

Diseño de la investigación	42
Enfoque mixto.....	43
Aplicación de alcance de tipo exploratorio y descriptivo.....	44
Tipo de muestra:	44
Tiempo de estudio.....	45
Análisis de datos	45
Diagnostico organizacional.....	46
Análisis Pestel	46
5 fuerzas de Porter	47
Matriz DOFA	48
Análisis de los Resultados	50
Análisis de los resultados cuantitativos	50
Encuestas	50
Análisis de los resultados cualitativos	62
Entrevistas.....	62
Análisis de la observación a la feria.....	64
Resultados de la Solución	67
Selección de las tecnologías.....	72
Procedimiento de la prueba piloto.....	73
Equipo	76

Conclusiones y Recomendaciones	80
Recomendaciones	82
Referencias	83

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Productos VECOL. S.A.....	22
Tabla 2 Comparación entre los tipos de tecnologías	26
Tabla 3 Descripción taxonómica del tomate	39
Tabla 4 Metodología.....	42
Tabla 5 Análisis de las 5 Fuerzas de Porter.....	47
Tabla 6 Identificación de variables.....	48
Tabla 7 Matriz de ponderación, porcentajes y totales	48
Tabla 8 Análisis de entrevistas	64
Tabla 9 Variables por medir en la prueba piloto	74
Tabla 10 Indicadores	76
Tabla 11 Matriz de Costos.....	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Organigrama VECOL S.A	22
Figura 2 Beneficios por la aplicación de las tecnologías en la agricultura.....	25
Figura 3 Interacción de las tecnologías en la agricultura.	30
Figura 4 Tipos de drones usados en la agricultura	38
Figura 5 Fases fenológicas de un cultivo de tomate.....	41
Figura 6 Análisis Pestel	46
Figura 7 Representación de la Edad de las personas encuestadas	50
Figura 8 Representación género de las personas encuestadas	51
Figura 9 Nivel educativo de las personas encuestadas	51
Figura 10 Uso de los productos de VECOL S.A por los encuestados	52
Figura 11 Conocimiento de los encuestados de la presencia de un representante o promotor en la zona de Fόμεque.....	53
Figura 12 Acceso a la red de Internet.....	53
Figura 13 Operadores móviles usados por los encuestados	54
Figura 14 Frecuencia que los encuestados usan un dispositivo digital	55
Figura 15 Conocimiento y uso de las tecnologías por los encuestados.....	55
.....	55
Figura 16 Grado de conocimiento de tecnologías por las personas encuestadas	56
Figura 17 Representación de cuantos de los encuestados estarían dispuestos a utilizar alguna tecnología	57
Figura 18 Asesoría Técnica para la producción de Tomate	57

Figura 19 Identificación de cómo se desarrolla el cultivo de Tomate.....	58
Figura 20 Aspectos que impactan negativamente en el cultivo de Tomate.....	59
Figura 21 Variables importantes para la producción el cultivo de Tomate.....	59
Figura 22 Eficiencia Actual de la Producción	60
Figura 23 Valor del pago de cuanto estarían dispuestos por adquirir la tecnología.....	61
Figura 24 Propuesta al reto.....	67
Figura 25 Mapa de ruta tecnológica	71
Figura 26 Equipo Lynks IOT CLIMA STANDARD.....	77

Introducción

Mediante un informe de la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), menciona que uno de los retos es asegurar el alimento para más de 9700 millones de personas en el año 2050, y para lograr el Objetivo de Desarrollo Sostenible de un planeta libre de hambre para el 2030, es indispensable contar con procesos productivos más eficientes, sostenibles, inclusivos y resilientes y por tal motivo, se plantea que una de las soluciones es la implementación de innovaciones y tecnologías digitales.

Las empresas del sector agrícola han ido adquiriendo diferentes tecnologías que les permitan ser mucho más visibles en el mercado colombiano mediante la adquisición de *software* y *hardware*, el cual facilita la planificación y ejecución de la producción y mejora la toma de decisiones de los administradores de fincas, además de pronosticar las condiciones climáticas mediante una red de estaciones meteorológicas, entre otros.

VECOL S.A. ha demostrado en su último Informe de Gestión del 2021, que su Unidad de Estrategia de Negocio relacionado con la agricultura, ha tenido una rentabilidad destacable, y que busca su incremento a partir de la generación de nuevos servicios que ayuden a fortalecer el sector, además de tener mayor presencia en el mercado agrícola colombiano.

Objetivos

Objetivo general

Identificar la tecnología más adecuada como un elemento diferenciador en la unidad estratégica de VECOL S.A relacionada con la agricultura, fundamentado en el mejoramiento de la productividad y la sostenibilidad de los cultivos de tomate en invernadero en Fómeque, Cundinamarca.

Objetivos específicos

1. Identificar los tipos de tecnologías inteligentes que existen en el mercado, teniendo en cuenta sus características, funcionalidad, ventajas y desventajas.
2. Realizar un diagnóstico sobre el uso e interés de la tecnología por el agricultor de tomate en invernadero para el mejoramiento de la producción en Fómeque Cundinamarca.
3. Definir la tecnología más viable para ser desarrollada por VECOL S.A en materia de agricultura en invernadero, aportando al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible.
4. Realizar una propuesta de prueba piloto para medir los beneficios que tiene la tecnología seleccionada en el cultivo de tomate en invernadero.

Justificación

El reto planteado por Vecol S.A para la consultoría está relacionado con la pregunta “¿Cómo agregar valor a través de servicios o tecnología para el sector agropecuario a un precio competitivo y de fácil uso para el agricultor?”. Teniendo en cuenta este reto se abordó el proceso de justificación de la consultoría.

Inicialmente es importante considerar que la tecnología en la agricultura es fundamental debido a su impacto en la sostenibilidad y de una forma más precisa, la importancia para el cumplimiento de las metas de los objetivos de desarrollo sostenible. En este sentido, la agricultura tiene una relación directa con el Objetivo N° 2 Denominado ***Cero Hambre***, considerando la creciente necesidad de producción de alimentos y los cambios que se deben implementar en el sistema agroalimentario, como la inclusión de sistemas automatizados para el aumento de la productividad.

En este sentido, con la implementación de la Agricultura de precisión a través del Internet de las cosas para la recolección de datos en cultivos y análisis, se precisa del acompañamiento mediante la asesoría técnica especializada que aporte criterios de valor a la toma de decisiones de los clientes, lo cual se alinea con los apartes del Objetivo de Desarrollo Sostenible N° 8 ***Trabajo decente y crecimiento económico***, aportando a la consecución de la meta a la agenda 2030 de “*lograr el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todas las mujeres y los hombres, incluidos los jóvenes y las personas con discapacidad, así como la igualdad de remuneración por trabajo de igual valor*” (ONU).

Otro de los objetivos de Desarrollo Sostenible que incide en la agricultura inteligente, es el N° 12 ***Producción y Consumo Responsable***, ya que, al haber mayor control en los procesos, se genera una reducción de los residuos generados durante la producción (Shalimov, A 2023); como consecuencia se contribuye a la transición de las economías verdes con la reducción de las emisiones de carbono.

El Objetivo N° 13 ***Acción por el Clima y Vida de Ecosistemas Terrestres*** se relaciona con la reducción de la huella ecológica por medio de la automatización de los procesos agrícolas mediante una aplicación más precisa de químicos como pesticidas y fertilizantes, dando lugar a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. En tal sentido, la tecnología y el Internet de las cosas se deben conectar con la agricultura, respetando y buscando el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, y sobre esto, su inclusión como una propuesta de valor (Hrustek, 2020).

La necesidad de innovar y generar soluciones sostenibles en la agricultura es vital, debido a que los grandes desafíos son evidentes, siendo retada ante la alta demanda y paralelamente los consumos de agua, llevando a retos mayores, como el efecto del clima, la polución, la escasez de recursos y terrenos apropiados para siembra (Elijah et al., 2018).

Es fundamental tener en cuenta que el mercado de la agricultura inteligente se espera que crezca en el 2025 a un aproximado de \$15.3 billones de dólares (DayDayNews, 2019). Dentro de lo que se considera, el mercado comprende el Internet de las cosas, *blockchain*, *machine learning*, inteligencia artificial, *Big data*, analítica de datos, entre otros. Es importante resaltar que con el Internet de las cosas se pueden vincular diferentes dispositivos que ayudan al procesamiento de datos y que están en constante comunicación, lo cual

simultáneamente va permitiendo un análisis (Al-Fuqaha et al., 2015), (Atzori et al., 2010), (Elijah et al., 2018).

Teniendo en cuenta lo anterior, los dispositivos que se utilizan son sensores, vehículos inteligentes, drones, analítica de *Big data* e inteligencia artificial basados en *hardware* y *software* especializados. Lo anterior permite considerar información que incluye temperatura, humedad, cantidad de precipitación, la conductividad eléctrica del suelo, nivel de pH, radiación solar, fotos, videos y actividad humana, entre otros (Feng, *et al.*, 2019). La información que se adquiere es transmitida y llevada por medio de sensores, la cual es almacenada y analizada en la nube por medio de la inteligencia artificial y *machine learning*. Por medio del Internet de las cosas, la información llega a los dueños de los terrenos en donde los teléfonos o tabletas logran tener beneficios para hacer seguimiento de la siembra, los alimentos, fertilización, irrigación, consumo de agua, condiciones óptimas para los vegetales y animales, eficiencia en el uso del recurso, la eficiencia en la cadena de abastecimiento, minimización del costo e incremento de las ganancias, y la calidad de los alimentos (Bouzembrak *et al.*, 2019).

Analizando el uso específico de los drones en la agricultura, y apreciando diferentes investigaciones al respecto, se tiene una mayor precisión en la predicción de lo que se va a producir, así como el tratamiento de las plantaciones enfermas (Khanal, *et al.*, 2017), (Lunner y Ssali, 2016). Otro de los aportes del uso de drones, es conocer la cantidad apropiada de fertilizantes prescritos en el momento preciso, garantizando el uso de las cantidades adecuadas, además de generar desperdicios (Pinguet, 2020).

Dentro de los grandes beneficios de la tecnología en la agricultura conecta, por ejemplo, con imágenes de temperatura, entregando una lectura del estado de los cultivos en términos de humedad (Calderone, 2017). De la misma forma, la georreferenciación permite tener ubicación en donde se debe intervenir, en algunos casos con algún pesticida y de esta forma no afectar la cadena de abastecimiento por cultivos que se pierden. Por medio de esta tecnología, la precisión del seguimiento, la simulación y la predicción de la posible afectación del cultivo, es mucho más eficiente que solo programar las aplicaciones de pesticidas. Adicionalmente, el uso de tecnología puede permitir la reducción de la carga laboral de los cultivadores, aun para vigilar los mismos.

VECOL S.A. al ser una de las compañías más importantes en Colombia a nivel agropecuario, no es ajena a la innovación tecnológica y el aporte de acciones a los objetivos de desarrollo sostenible. Por esta razón, se desarrollará una consultoría que permita sugerir a la Unidad de Estratégica de Negocio (UEN), de la línea agrícola, una tecnología que pueda usarse fácilmente y agregue valor a este sector agrícola enfocado en el cultivo de tomate en invernadero.

Al final de la consultoría se ha encontrado que la mejor tecnología, de las estudiadas en este trabajo, es la estación meteorológica apoyada con un *software*. Antes de adquirir cualquier equipo, se propone llevar a cabo una prueba piloto en el cultivo de tomate en invernadero en Fómeque Cundinamarca, debido a que en este momento no se tiene datos históricos en la región sobre el uso de esta herramienta, por tal motivo, se plantea realizar una comparación entre dos parcelas en invernadero, una en donde se efectúe el cultivo de forma convencional y en el otro, se aplique la estación, esto con el fin de, evaluar variables como son

radiación, temperatura y humedad relativa durante el crecimiento del cultivo. Así mismo, poder determinar cómo estas variables influyen en los indicadores de calidad, de rendimiento y de optimización de recursos.

Marco Institucional

La Empresa Colombiana de Productos Veterinarios S.A. (VECOL S.A.), constituida como una sociedad anónima de economía mixta a través de la escritura pública N 4254 del 6 de agosto de 1974 (Manual de gobierno corporativo, 2020).

Misión

Somos una empresa con enfoque global, que brinda soluciones integrales para promover la sanidad animal y la productividad del sector agropecuario (Manual de gobierno corporativo, 2020).

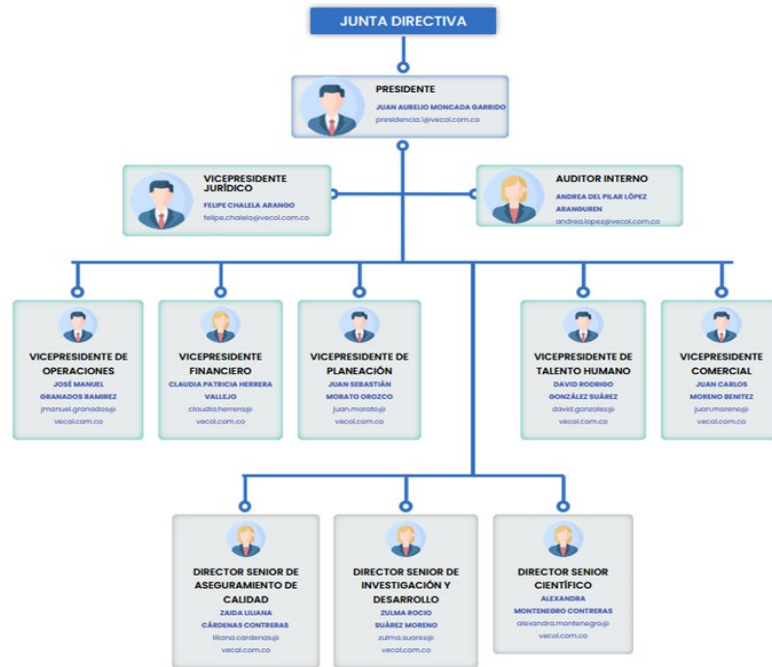
Visión

Ser una empresa de clase mundial reconocida por ser el mejor aliado de nuestro campo (Manual de gobierno corporativo, 2020).

Estructura Organizacional

VECOL S.A. cuenta con una estructura organizacional conformada por un presidente, vicepresidente Jurídico, Auditor interno, 6 vicepresidencias encargada de las de Operaciones, Finanzas, Planeación, Talento Humano y Comercial. En el área de investigación cuenta con 3 cargos de dirección; director en Investigación y Desarrollo, director científico y aseguramiento de calidad. En la Figura 1 se indica que en los cargos directivos el 45.4 % corresponde a mujeres y el 54.5% a hombres.

Figura 1 Organigrama VECOL S.A



Nota: Página web oficial VECOL S.A

Productos

Actualmente, VECOL S.A solo se centra en ofrecer productos que hacen parte de 4 categorías (ver Tabla 1) denominadas como unidades estratégicas de negocio.

Tabla 1 Productos VECOL. S.A

Unidades estratégicas de negocio	Productos
Animales de producción	Vacunas, Hormonales, Antibióticos, Antiparasitarios, Vitaminas, Analgésicos, Antipiréticos, Antiinflamatorios, Desinfectantes.
Animales de Compañía	Suplementos Nutricionales con Tecnología de Activación Molecular, Biológicos, Productos VECOL.
Agrícola y fertilizantes	Herbicidas, Insecticidas, Fungicidas, Fertilizantes Foliare, Fertilizantes edáficos
Aftosa	Vacuna Aftosa y Aftosa + rabia

Nota: Página web oficial VECOL S.A.

VECOL S.A. está dedicado a ofrecer productos que brindan soluciones para la agricultura, ganadería y línea veterinaria, sin embargo, es importante mencionar que la empresa está buscando mecanismos de innovación que ayuden a mejorar sus ventas y satisfacer otras necesidades que el usuario final requiera. Además, VECOL S.A. debe adaptar su modelo de negocio a los nuevos mercados competitivos, por medio de la incursión de nuevas tecnologías que ayuden a generar más valor al cliente, es decir, mayor eficiencia en los procesos productivos, optimización de recursos y mejorar la calidad.

Marco contextual y conceptual

El término de agricultura digital, que también es llamado agricultura 4.0 o *Smart Farming*, es adoptado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, buscando definir la integración de la agricultura con diferentes innovaciones para producir productos agrícolas. Entre estas tecnologías se encuentran la agricultura de precisión, *IoT* y *Big data*, para alcanzar un mayor rendimiento en la producción. Ampliando la definición, la agricultura digital involucra toda la cadena de valor, desde el agricultor hasta la distribución, estando conectado por medio de Internet y permitiendo organizar y compartir información junto con el consumidor. Lo anterior se aplica con el objetivo de enfrentar la gran preocupación de los países en garantizar para el futuro la seguridad alimentaria, debido a que la población se ha ido incrementando al pasar de los años y como consecuencia se ha identificado la escasez de agua, la disponibilidad limitada de tierras aptas para cultivar y los cambios en las condiciones ambientales que se han vuelto impredecibles (Ojeda, 2022).

Beneficios de usar las tecnologías en la agricultura

En la Figura 3, se puede observar los beneficios de la aplicación de tecnologías, las cuales se describen a continuación:

Figura 2 Beneficios por la aplicación de las tecnologías en la agricultura



Nota: Shalimov, A., 2023

- Al tener datos sobre la producción, como la cantidad de toneladas generadas o las condiciones climáticas, se logrará un mejor manejo del negocio, mejoras en el rendimiento de los equipos usados, la eficiencia del personal de trabajo, entre otros.
- Mayor control en los procesos de producción, lo que ayuda a reducir los riesgos. Esto proporciona un panorama de planificación de la distribución del producto, ya que se podrá conocer la cantidad de productos a cosechar y no tener pérdidas.
- Cuando se controla el cultivo, se mejora la gestión en los costos de producción, pues al monitorear los posibles riesgos que puedan existir, estos se mitigaran en menos tiempo sin tener un perjuicio económico.

- El uso de tecnologías inteligentes posibilita la automatización de muchos procesos de producción del cultivo, como es el riego, la fertilización y manejo de plagas y/o enfermedades, y esto aporta a la calidad del producto.
- Los procesos automatizados utilizan las cantidades requeridas de insumos agrícolas, por tal motivo, se contribuye a la disminución de la huella de carbono y beneficios ambientales (Shalimov, A., 2023).

Tipos de tecnologías:

A continuación, se consolida la información obtenida a partir de la revisión bibliográfica en la Tabla 2, donde se describen las principales características de los tipos de tecnologías utilizadas en la agricultura, como estrategias para la optimización de recursos y aumento de los rendimientos de los cultivos.

Tabla 2 Comparación entre los tipos de tecnologías

Tipo de Tecnologías	Características	Funcionalidad	Ventajas	Desventajas
Sensores	Las lecturas pueden ser consultadas de forma gráfica e intuitiva desde cualquier dispositivo con acceso a Internet (<i>smartphone, PC, tablet, etc.</i>)	Puede recopilar información del microclima; iluminación, temperatura, condición del suelo, humedad, niveles de CO ₂ e infecciones de plagas	<p>Optimización de recursos: Permiten a los agricultores estimar las cantidades óptimas de agua, fertilizantes y pesticidas que necesitan sus cultivos, reducir los gastos y obtener cultivos mejores y más saludables.</p> <p>Ideales en espacios cerrados: Los sensores son idóneos para espacios cerrados como invernaderos y viveros.</p>	<p>Mantenimiento: Ya que los sensores generalmente se usan en el campo y pueden dañarse fácilmente.</p> <p>Conectividad: Cada dispositivo conectado debe ser autónomo y tener suficiente alcance inalámbrico para comunicarse con los demás dispositivos y enviar datos al servidor central (Shalimov,2023)</p>

Tipo de Tecnologías	Características	Funcionalidad	Ventajas	Desventajas
Software (Big Data-Analítica)	Las características dependen del tipo de <i>software</i> y la marca, sin embargo, algunas son: Planificar cultivos. Mantener registros, funcionar offline, uso mediante teléfono u ordenador.	Este sistema permite a los agricultores agregar datos visualmente, mediante la creación de mapas personalizados. La aplicación ofrece una vista completa del estado del suelo, información sobre plagas y enfermedades e, incluso, la fertilidad de los cultivos. (Tierra, 2022)	Rendimiento de cosechas: Los <i>bots</i> y drones impulsados por IA aceleran el proceso de cosecha de cultivos con mayor cuidado, lo que resulta en mejores resultados de productividad. Reducción de costos: Los drones y los robots con IA y análisis de datos integrados han demostrado que pueden reducir los costes de producción hasta en un 30 %	Análisis y procesamiento de datos: Los datos recopilados en sí mismos serán de poca ayuda si no puede entenderlos.
Drones	Vehículos aéreos no tripulados. Cámaras térmicas y multiespectrales. Convierte las imágenes en mapas	Cuentan con sistemas de infrarrojos e imágenes para detectar problemas indetectables a simple vista (Tierra, 2022). Además de las capacidades de vigilancia, los drones también pueden realizar una gran cantidad de tareas que antes requerían trabajo humano: plantar cultivos, combatir plagas e infecciones, fumigar la agricultura, monitorear cultivos, etc. (Shalimov,2023)	Fumigar con más rapidez y más precisión. Conocer el estado de las plantas y del suelo. Realizar el inventario de los terrenos de cultivo. Aplicación precisa en áreas de difícil acceso. Ahorro de agua y tiempo	Seguridad de datos: La mayoría se conecta a Internet, pero tiene poca o ninguna protección de seguridad, como contraseñas de usuario o autenticaciones de acceso remoto. Solo espacios abiertos: No se recomienda su uso en espacios cerrados como invernaderos. Duración de la batería y altos costos de implementación. (Abdul H, et al 2022) Los pilotos de los drones sean capacitados.

Nota: Elaboración Propia

La agricultura de precisión (monitoreo) enmarca todos los desarrollos y soluciones que permiten el mejoramiento de los cultivos, aplicando técnicas para beneficiar su rendimiento, la optimización del uso de recursos, minimización del impacto ambiental, y la toma de decisiones adecuadas a través del uso de TIC, con el motivo de articular procesos agrícolas más eficientes confiables, modernos y seguros (Tovar et al., 2019).

La definición de sensores hace referencia a cualquier dispositivo, que, al recibir un impulso o magnitud física, convierte a la misma en una señal de voltaje (análoga), esta señal

puede ser compartida, procesada por un dispositivo y ordenador. Dichos sensores nos permiten determinar con precisión periódica la posición de una máquina, la velocidad de desplazamiento, medir la temperatura de un lugar, la condición de sus mecanismos, la fertilidad del suelo, el nivel de vegetación del cultivo, entre otros. (Garcia, E. *et al.*, 2021). Los sensores pueden ser terrestres, aéreos o satelitales. Los sensores remotos son efectivos para ser utilizados en soluciones *IoT*. Todos los sensores generan información que puede ser utilizada en soluciones *Big data* y para el desarrollo de inteligencia artificial (BID, 2019)

Big data y Analítica es el proceso de usar *software* para descubrir las tendencias, patrones, correlaciones u otras ideas útiles en esos grandes almacenes de datos. Este *software* se hace más robusto a medida que pasa el tiempo, teniendo como ventajas incrementar la cantidad de datos que administra, permite ejecutar consultas de manera más ágil, así como algoritmos más estructurados y avanzados (Rambauth, G. 2021). Estas tecnologías se caracterizan por lo siguiente:

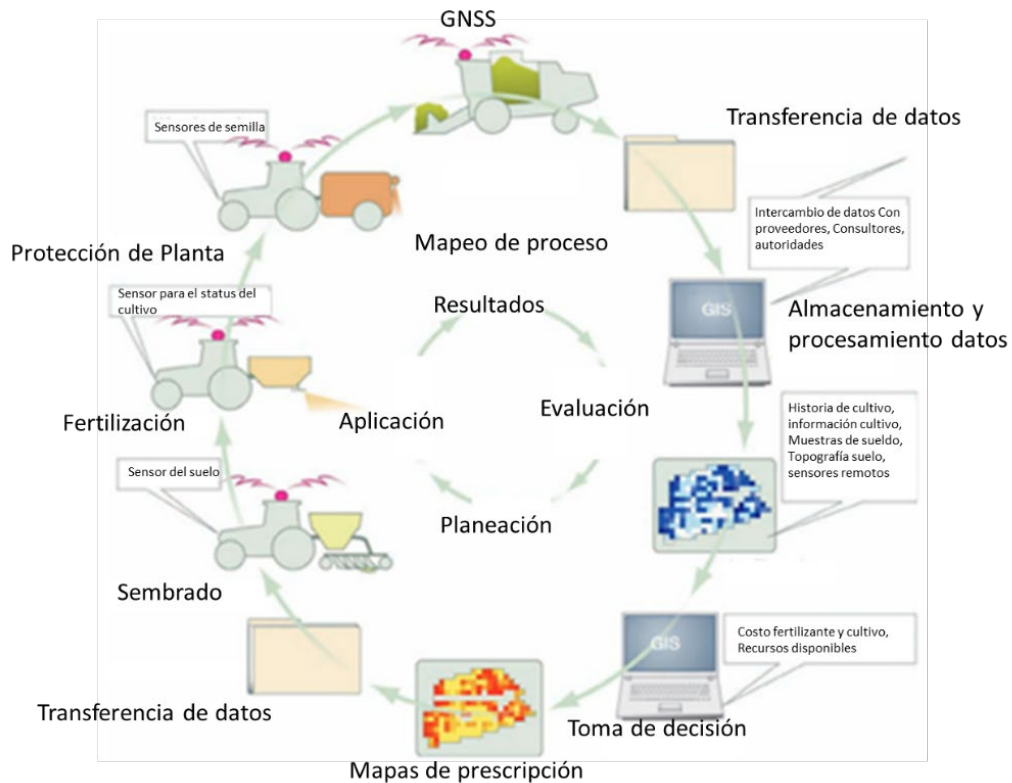
- Análisis descriptivo: A través de informes de visualizaciones simples, se dedican a “describir” lo acontecido en un momento determinado periodo de tiempo.
- Diagnóstico analítico: Son herramientas que describen lo sucedido, pero también brindan algún tipo de explicación a la situación, lo cual hace que sea mucho más profundo, ayudando a determinar la causa específica.
- Análisis predictivo: Estas herramientas buscan pronosticar posibles sucesos inmediatos valiéndose de algoritmos avanzados, catalogándose así entre las herramientas más significativas del *Big data* y Analítica. Estas herramientas se apoyan en las tecnologías *machine learning* e inteligencia artificial. (Rambauth, G. 2021).

- **Análisis prescriptivo:** Este sugiere los pasos a seguir para lograr un resultado anhelado. Para esto, se requiere el uso de avanzadas capacidades de aprendizaje automático lo que lo convierte en un análisis escasamente ofrecido (Rambauth, G. 2021).
- **Inteligencia Artificial:** Las aplicaciones de Inteligencia Artificial incluyen robotización (robots autónomos para realizar diferentes tareas), monitor de suelos y cultivos (visión computacional y algoritmos para procesar información para el monitoreo de suelos y cultivos) y análisis predictivos (modelos de aprendizaje para evaluar diferentes factores y generar análisis predictivos). Las soluciones de Internet de las Cosas y el *Big data* son parte integral de los desarrollos de inteligencia artificial (BID, 2019).
- **Internet de las Cosas:** Consiste en la integración de sensores y dispositivos de sistemas de uso cotidiano, donde intervienen diversos objetos, y que se conectan a través de la Internet, ya sea por redes fijas o inalámbricas. La implementación y desarrollo de tecnologías *IoT* en la agricultura se define en tres capas:

1. Capa de percepción, que se refiere a los componentes del *software* y *hardware*, que agrupa elementos como son sensores, actuadores, transceptores, tecnologías de radiofrecuencia y diferentes elementos de monitoreo.
2. Capa de red: integra elementos que permiten la transferencia de información que proviene de determinados componentes de la capa de percepción e incorpora diferentes protocolos de comunicación, que se aplican mediante redes de telecomunicaciones y nodos de sensores.
3. Capa de aplicación: Es referida como la implementación de los desarrollos *IoT* mediante sistemas expertos o que implican algoritmos inteligentes para la toma de decisiones en los cultivos (Tovar, J. *et al.*, 2019)

En la Figura 3 se muestra la interacción de las tecnologías existentes en la agricultura, con el fin de poder observar que al relacionar dos o más tecnologías se puede lograr mayores beneficios para el agricultor.

Figura 3 Interacción de las tecnologías en la agricultura.



Nota: Birner. R. et al.,2020

Diferentes métodos se han desarrollado en donde se incluye la irrigación inteligente la cual vincula el Internet de las cosas y es una alternativa enfocada en el cumplimiento del objetivo número 6 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (Obaideen et al., 2022). Es importante tener en cuenta que el Internet de las cosas y la automatización se ha relacionado para lograr la mayor eficiencia en las técnicas de cultivo y los sistemas de sensores han permitido entender los cultivos, conservando al máximo los

recursos. Sobre el desarrollo y el crecimiento de los cultivos, los sistemas de monitoreo tienen un impacto, llevando por ejemplo la máxima producción de comida con la mínima pérdida de agua (Keswani, 2019).

Es importante considerar como los celulares son una herramienta que, con el Internet de las cosas y los sensores, proporcionan el estatus de lo que pasa en los cultivos en términos de los parámetros mencionados anteriormente (Temperatura del suelo, cuantía de agua, clima, entre otros) (Ayas, 2019). El Internet de las cosas actualmente es una alternativa económica de control y monitoreo la cual se combina con la precisión de la red de sensores inalámbricos con el fin de detectar, computar y transmitir información (Paucar, *et al.*, 2015). En este sentido, el Internet de las cosas hace que sea posible transmitir desde baja cantidad de datos en cortas distancias, hasta altas cantidades de datos en largas distancias.

La nube toma un papel principal en el sector, ya que es donde se almacena y procesa la información, permitiendo en este caso su monitoreo continuo (Salvi, 2017). Al tener la información disponible, se pueden realizar los comparativos para seguir optimizando y generando más eficiencia al sistema. A partir de la información se puede lograr la generación de alertas por medio de algoritmos y de esta forma mitigar problemas.

Aunque los beneficios son evidentes, es fundamental entender algunas barreras que se consideran al vincular la tecnología para los cultivos. En este caso, las barreras vinculan el hecho de no tener una buena señal o bajo acceso a Internet, la batería de los equipos, pueden consumir altas cantidades de energía, condiciones de ambientes agresivos, y el bajo conocimiento en el Internet de las cosas y la forma de aplicarlo (Obaideen et al., 2022). Considerando la aplicación del Internet de las cosas aplicada en el campo, es fundamental

tener en cuenta tres capas en donde la primera considera la matriz de los sensores, una capa intermedia la cual consiste en los dispositivos de transmisión de datos y la tercera capa considera los servicios de la nube teniendo en cuenta las bases de datos (Munir, *et al*, 2019).

Agricultura digital en el mundo

Con respecto a la aplicación de la tecnología en Latinoamérica, Brasil ha implementado el Internet de las cosas e inteligencia artificial, en donde Microsoft y EMBRAPA por medio de una alianza han empezado a trabajar en fincas lecheras. El gobierno de Japón, mediante la Agencia Internacional Japonesa, ha llevado la tecnología para recortar costos, incrementar productividad, y reducir el impacto ambiental. Por otro lado, se ha llevado al manejo de equipos autónomos en campo a través de un proyecto piloto, con la instalación de una antena por parte de Ericsson y Claro (Latin America Agribusiness Sector 2022/2023).

Otro enfoque que también se le ha dado a la tecnología, es hacia la administración de cultivos en Brasil. En este caso, con Google Cloud, se creó una plataforma llamada SuperAgro, siendo un canal de comunicación, de monitoreo de granjas y cultivos, *e-commerce*, entre otros, por medio del Internet de las cosas (Brazil Agribusiness Sector 2022/2023). Según el enfoque que entrega el reporte desarrollado por Mordor Intelligence, Global Specialty Fertilizer Market, del (2022-2027), la línea relacionada con el crecimiento de la preferencia por la precisión en las técnicas de cultivo por medio de tecnología, tienen un gran impacto en un corto y mediano plazo. En tal caso, su aplicación se enfoca en monitorear las condiciones del suelo evaluando la humedad, nitratos y la conductividad eléctrica de la semana. Por ejemplo, la USDA Economic Research Service, que la tecnología de los mapas de

suelo con GPS es usada en el 30% de los cultivos de maíz y soya, sistemas de guía en el 50% y la tecnología de tasa variable entre el 28% al 34%.

Según Mordor Intelligence, Global Specialty Fertilizer Market, del (2022-2027) ya grandes empresas a nivel mundial se están asociando o comprando compañías que manejan la tecnología en el sector. Por ejemplo, Israel Chemical compró Precision Agriculture Company Growers Holding, la cual desarrolla tecnología que recolecta datos manuales y que provienen de maquinaria en cultivos para la generación de recomendaciones en plantación y fertilización. Lo mismo ocurrió con la empresa ASA, quien adquirió ATC y entrega soluciones que combina modelación científica multivariable de cultivos, clima, y datos de campo, generando un diagnóstico y simulaciones para optimizar costos, maximizar la producción teniendo en cuenta la sostenibilidad (Mordor Intelligence, 2022).

De la misma forma, el Global Smart Irrigation Market Research Report Forecast 2027, contempla de gran importancia considerar los sistemas de irrigación inteligentes, los cuales contemplan el monitoreo del suelo, el clima, la tasa de evaporación y cuantías de agua por plantación, lo cual permite analizar y definir los nuevos horarios para el agua diarios. En este caso, al incluir un sistema inteligente de irrigación se puede lograr tener ahorros de agua entre el 40% al 60%. Lo anterior lo acompañan regulaciones para el manejo del agua, lo cual puede acelerar la adopción del Internet de las cosas, lo cual es la base del sistema. A pesar de lo anterior, es importante que en algunos casos las primeras inversiones en instalación y el desconocimiento puede generar algunas barreras (Market Research Future, 2022).

Agricultura digital en Colombia

La evolución del campo colombiano debe estar unido a la práctica de nuevas tecnologías que ayuden a mejorar la producción de los cultivos. Uno de los retos que se tienen con el uso de las tecnologías es de poder incrementar el rendimiento de las hectáreas sembradas y cosechadas, sin embargo, se ha encontrado que con herramientas apropiadas en cada etapa del sembrío puede solucionarse. Como herramientas tecnológicas se tiene a la inteligencia artificial y la robótica, las cuales se pueden programar para realizar verificación al crecimiento del cultivo, que controle los nutrientes del cultivo y la temperatura y monitoree la humedad del suelo. También pueden ser usados para identificar las enfermedades o plagas que estén afectando el cultivo de forma temprana. Las tecnologías deben ser asequibles para que puedan ser usadas en el día a día por pequeños y grandes productores. El desarrollo de campo está ligado con el uso de tecnologías y herramientas que se basen en el Internet de las Cosas, analítica de datos, inteligencia artificial y robótica (Superintendencia de Industria y Comercio, 2021).

Los cultivos de papa, flores, café, frutas tropicales y caña de azúcar se consideran que son los más importantes para el mercado o porque se evidencia el mayor número de hectáreas dedicadas a la siembra, por tal motivo, el agricultor está buscando herramientas que ayuden a mejorar su producción. Colombia es un país que tiene diversidad de pisos térmicos, esto puede limitar o ampliar el uso de las herramientas, como son las condiciones climáticas, la topografía y las diferentes alturas sobre el nivel del mar. (Superintendencia de Industria y Comercio, 2021).

La Sociedad de Agricultores de Colombia, analizó el cultivo de papa y determinó que en el país no hay un conocimiento sobre el uso de tecnologías, como es el análisis de algoritmos de *Big data*, sin embargo, existen actualmente el monitoreo satelital que, aunque es costoso, puede aprovecharse por gremios de agricultores con el fin de mejorar el seguimiento a sus cultivos y así actuar de manera preventiva para aumentar la producción. (Carranza, C. *et al.*,2021).

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OECD, Colombia presenta un bajo rendimiento productivo en el sector agropecuario, lo cual limita el progreso del país. Mediante la Ley 1876 de 2017, se establece el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria – SNIA, con el propósito de incrementar la competitividad, productividad y sostenibilidad, por medio de la investigación, la tecnología, la gestión del conocimiento y la formación. Esto promueve la Investigación y Desarrollo en nuevas técnicas y tecnologías para la agricultura, como la transferencia de conocimientos entre los agricultores. (Ojeda, B. 2022).

Desafortunadamente en Colombia existe una brecha digital en la agricultura, ya que se deben superar retos como son: la conectividad, disponibilidad, asequibilidad, alfabetización electrónica, TIC en la educación digital, políticas y programas favorables, como condiciones básicas y propicias para el uso del Internet, teléfonos móviles y redes sociales, aptitudes digitales y apoyo a la cultura agroempresarial y de innovación. (Carranza, C. *et al.*,2021).

El sector agropecuario colombiano es una de las industrias más rezagadas con respecto a la adopción de tecnologías digitales maduras. Las tecnologías maduras están compuestas de: 1) penetración de tecnologías digitales (ej., banda ancha, Internet e informática de gestión), 2)

digitalización en la cadena de suministros, 3) uso de medios digitales en el procesamiento y transformación de producto en la cadena de valor y 4) digitalización en los canales de distribución. El 93% de las empresas agrícolas usan Internet, el 90% mediante una red contratada y el 92% poseen un computador, sin embargo, solamente el 57% de los empleados usan Internet para sus labores. Con respecto a los canales de distribución, solamente el 17% de las empresas usan Internet para sus ventas, mientras que el 38% de las empresas lo registran a nivel nacional. Únicamente, el 35% de las empresas reciben órdenes de compra por Internet y el uso de redes sociales, el 28% de las empresas tienen hojas empresariales que les ayuda a hacer publicidad. (Sotomayor, *et al.*, 2021).

En Colombia, dentro de las tecnologías que se consideran y que se usan actualmente, se encuentran las tecnologías de monitoreo, es decir, sensores inalámbricos y análisis de riesgo de plagas; para el control de la producción, como son los sensores de crecimiento de las plantas y los sensores de humedad y temperatura; las tecnologías de seguridad, uso de cámaras y dispositivos de seguridad biométrica y por último se tiene a las tecnologías de predicción que son las estaciones meteorológicas. Con respecto a las empresas grandes se ha evidenciado que usan los sistemas satelitales que ayudan a evaluar el estado actual de la parcela e identifican si esta apto para sembrar un cultivo determinado y la robótica que se usa para en la automatización del procesamiento y empacado de la materia prima. Las empresas pequeñas usan el Internet de las cosas, sistemas de riego de precisión, realidad virtual e información en la nube. (Sotomayor, *et al.*, 2021).

Con respecto a Cundinamarca se puede mencionar que cuenta con una extensión de 24.000 km aproximadamente, en donde se registra con un 77,31% el cultivo de papa,

zanahoria con el 3,61% y tomate con 3,6% desarrollada principalmente en la provincia de Ubaté, sabana centro, alamedas y Guavio. Cundinamarca tiene la mayor zona rural de Colombia con más del 35%, cuyo territorio es apto para la implementación de nuevas tecnologías en la industria agropecuarias. Además, se ha evidenciado que el sembrado tradicional en el campo reporta grandes pérdidas en la salud de los cultivos, porque son afectadas por las heladas, el fenómeno de la niña y el niño, entre otros. Así que al emplear redes inteligentes ayudaría al conocimiento asertivo de la curva de salud del cultivo, (Santana, C. *et al.* 2022).

AgroRIEGO es una tecnología que se ha desarrollado en el contexto de las economías emergentes en Colombia, la cual tiene como objetivo medir deficiencias o excesos en los niveles de humedad del suelo a través de sensores que se ubican en puntos determinados cerca a la raíz de los cultivos. Los datos obtenidos se transmiten a una nube, con intervalos de 5 minutos para envío y 15 minutos para visualización a través de un celular (Android). Estos datos permiten definir la cantidad de agua requerida por la planta para su crecimiento y habilitar la orden de riego mediante un mensaje de texto, una de las ventajas es que este sistema se puede usar en zonas con ausencia redes inalámbricas. (Romero-Riaño et al., 2022).

Mediante un análisis bibliométrico de enfoque cuantitativo sobre la agricultura de precisión, se identificaron las tendencias y puntos críticos, teniendo como resultado de 74 publicaciones en el año 2018 a 337 en 2020 y 495 en el año 2021, las cuales se han realizado por revistas especializadas en investigaciones de agronomía y teledetección. Con relación a los temas más estudiados se encuentran las enfermedades de las plantas, datos sobre sus características, transferencia de aprendizaje, detección de enfermedades, detección de malezas,

plagas de insectos, redes neuronales convolucionales, procesamiento de imágenes, detección remota e *IoT*, y referente al país de origen de los autores con mayor número de publicaciones son China, India y Estados Unidos. (Solemane C Bernard K, Dantouma K, et al 2022)

Abdul H, et al 2022 presenta en su investigación los avances que han tenido los drones en la agricultura de precisión durante los últimos años, por ejemplo, las cámaras han evolucionado en cuanto al peso y a la resolución han pasado de RGB a Multiespectrales con el fin de recoger la información más precisa.

Existen tres tipos de drones, de Ala Fija, Multicoptero y Helicóptero, los cuales se muestran respectivamente en la Figura 4:

Figura 4 Tipos de drones usados en la agricultura



Nota: Abdul H, et al 2022

Como resultado, se obtuvo que los utilizados comúnmente para el monitoreo de la salud de los cultivos son de tipo multicoptero y de Ala Fija, con la creación de mapas espectrales se puede observar información como enfermedades, requerimiento de nutrientes y agua.

Los drones utilizados para la pulverización de pesticidas o fertilizantes son los de tipo helicóptero debido a su capacidad de carga, no obstante, el de tipo multicoptero ha ido mostrando buenos resultados en la fumigación de pesticida. Por otro lado, se resaltan los

desafíos en el aumento de su uso en el sector agrícola, primero el costo de la tecnología, la poca duración de la batería.

Generalidades del cultivo de tomate

El tomate es de origen de la Región Andina, sin embargo, a finales del siglo XVI, llegó a Europa y se cultivó principalmente en jardines. Actualmente, el tomate hace parte de la economía agrícola en varios países del mundo, siendo la hortaliza principal en la alimentación y gastronomía. El 70% de la producción mundial es realizado por China, Estados Unidos, Turquía, Egipto, Italia, India, Irán, España, Brasil y México. En Colombia, se cultivan en 18 departamentos, pero la producción en un 80% se encuentra en Cundinamarca, Norte de Santander, Valle, Caldas, Huila, Risaralda y Antioquía. (Jaramillo et al, 2006)

El tomate es una planta dicotiledónea que tiene la siguiente descripción taxonómica (ver Tabla 3):

Tabla 3 Descripción taxonómica del tomate

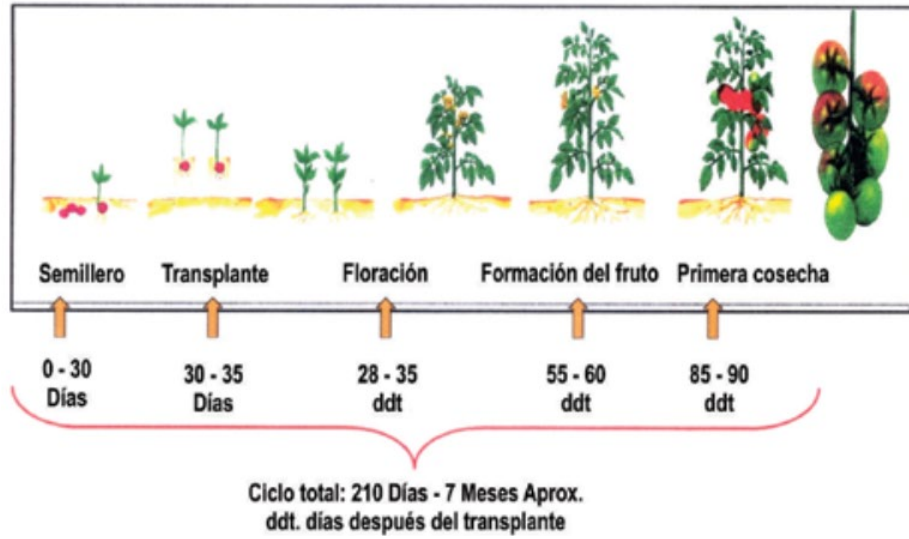
Reino	Plantae
Subreino	Tracheations
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Género	<i>Lycopersicon</i>
Especie	<i>Esculentum</i>

Nota: Jaramillo y Lobo (1984)

Se tienen 4 tipos de tomate, el Milano, Conto, Cherry e industrial. El tipo Milano, es el tomate más grande y se encuentran en forma achatada o semiachatada, su peso oscila entre 200 a 400 gramos, y es el que se usa para las ensaladas. Por su tamaño y peso tienen un mayor valor comercial y comúnmente lo llaman “tomate grueso”. El tipo Chonto, es de forma redonda u ovalada, un poco elongado, se consume en fresco y es utilizado para preparar guisos, pastas, ensaladas y encurtidos. Su peso puede ser entre 70 y 200 gramos. Con respecto al tipo Cherry, se puede encontrar en forma de pera, bombillo o redonda, así como en colores amarillo, rojo, naranja o morado y puede tener un peso en promedio de 10 gramos. Se consume fresco, como pasabocas, en cócteles y para decorar platos. Por último, el de tipo industrial, que se caracteriza por tener alta cantidad de sólidos solubles, el cual es apto para la producción de salsas, pastas, purés, cupos para deshidratados, en polvo o pelados, Se encuentran en varias formas y es de rojo intenso.

La fenología del cultivo de tomate está comprendida desde la siembra en el semillero, posteriormente continua con la germinación, luego la formación de tres o cuatro hojas verdaderas, en este momento se realiza el trasplante con una duración de 30 a 35 días. Cuando la planta florece se inicia la fase reproductiva que comienza a los 25 o 30 días del trasplante y esta tiene una duración de 180 días. Es decir, que el ciclo total del cultivo es de aproximadamente siete meses. (Jaramillo et al, 2013), como se aprecia en la Figura 5.

Figura 5 Fases fenológicas de un cultivo de tomate



Nota: Jaramillo et al. (2013)

Diseño metodológico de la consultoría

Este trabajo está basado en realizar una consultoría a la empresa VECOL S.A. para proponer una solución al reto planteado que es “Cómo agregar valor a través de servicios o tecnología para el sector agropecuario a un precio competitivo y de fácil uso para el agricultor, ganadero, dueño de finca y/o dueño de mascotas?”, por tal motivo, la consultoría es definida como una actividad profesional, orientada a poner en servicio de una organización un conocimiento, una experiencia y unos recursos para identificar y definir problemas, crear y diseñar soluciones, ejecutar procesos y gestionar el cambio en las organizaciones (Ramirez, S. 2018).

Diseño de la investigación

A partir de lo establecido por Sampieri & Mendoza, 2018, se describen en la Tabla 4 las características de la investigación.

Tabla 4 Metodología

CARACTERÍSTICAS	
Alcance	Exploratoria
Enfoque	Mixto (Cuantitativo +Cualitativo)
Tipo de Muestra	No probabilístico
Tiempo	Transversal
Fuente	Primaria y secundaria
Contacto	Virtual y presencial
Método de recolección	Encuestas, entrevistas y guía de observación

Nota: Elaboración propia a partir de Sampieri & Mendoza, 2018

La revisión bibliográfica realizada alimenta el desarrollo del marco contextual, por tal motivo, se usaron bases de datos científicas como son Science Direct o Scopus, lo cual

permitió dar cumplimiento al primer objetivo planteado en la presente investigación. Para la búsqueda se utilizaron palabras y frases claves como son *smart farming*, *Internet of Things (IOT)*, *digital agriculture*, *agriculture 4.0* y *precision agriculture* tanto en español como en inglés. Además, se buscó información en entidades del gobierno colombiano y se tuvo en cuenta los reportes realizados por organismos como son la FAO, CEPAL, BID, OECD, entre otros entes internacionales.

Enfoque mixto

Para el desarrollo de la metodología de investigación tuvo un enfoque mixto que está definido como la representación de un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación que implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, estos tendrán una igualdad de estatus, en el cual ninguno de ellos se prioriza sobre el otro. El enfoque cuantitativo se llevó a cabo mediante la recolección y el análisis de datos numéricos para contestar preguntas de investigación representando un conjunto de procesos secuencial y probatorio. Con respecto al enfoque cualitativo, se puede decir que el instrumento que se empleó es la entrevista no estructurada, que se caracteriza por ser abierta o de libre desarrollo y, además, una guía de observación y ambos documentos se ajustan a las necesidades propias de la investigación. La entrevista se elaboró con preguntas abiertas, sin orden definido, con características de conversación y su evolución se da de acuerdo con las respuestas que vayan surgiendo (Sampieri. R, Mendoza. C. 2018).

Aplicación de alcance de tipo exploratorio y descriptivo

Teniendo en cuenta que este trabajo abordó una temática que, en Colombia y específicamente en Cundinamarca, ha sido poco estudiada y aplicada en la agricultura, el estudio tuvo un alcance de tipo exploratorio, considerando indagar desde una perspectiva comercial, técnica y de aplicación en campo. (Sampieri. R, Mendoza. C. 2018)

Tipo de muestra:

Aunque en el estudio de la Gobernación de Cundinamarca (2020, p. 194) se referencian 302 fincas productoras de tomate de invernadero, para la consultoría, se tomó una muestra no probabilística por conveniencia en los costos, el tiempo y la experiencia de NOURISH GROUP S.A.S, la cual junto con VECOL S.A, validó la cantidad de encuestas a realizar; lo anterior se fundamenta en las áreas de influencia y bases de datos existentes por parte de NOURISH GROUP S.A.S. Teniendo en cuenta, que se requiere una validación de una prueba piloto, también, se consideró una población a encuestar más limitada y aterrizada a la realidad del sector.

Instrumentos de medición

Los instrumentos de medición que se usaron para la recolección de la información son encuestas a los agricultores, entrevistas a los funcionarios de VECOL S.A y la realización de una guía de observación para asistir a la feria EXPO AGROFUTURO el 26 de octubre de 2022 en Corferias. Tanto las preguntas de la encuesta como las de la entrevista, fueron validadas por el personal de VECOL S.A., quienes efectuaron la revisión y aprobación de los instrumentos.

Tiempo de estudio

Esta investigación se realizó en un tiempo de estudio transversal debido a que solamente se desarrolló en un único momento el análisis de las variables.

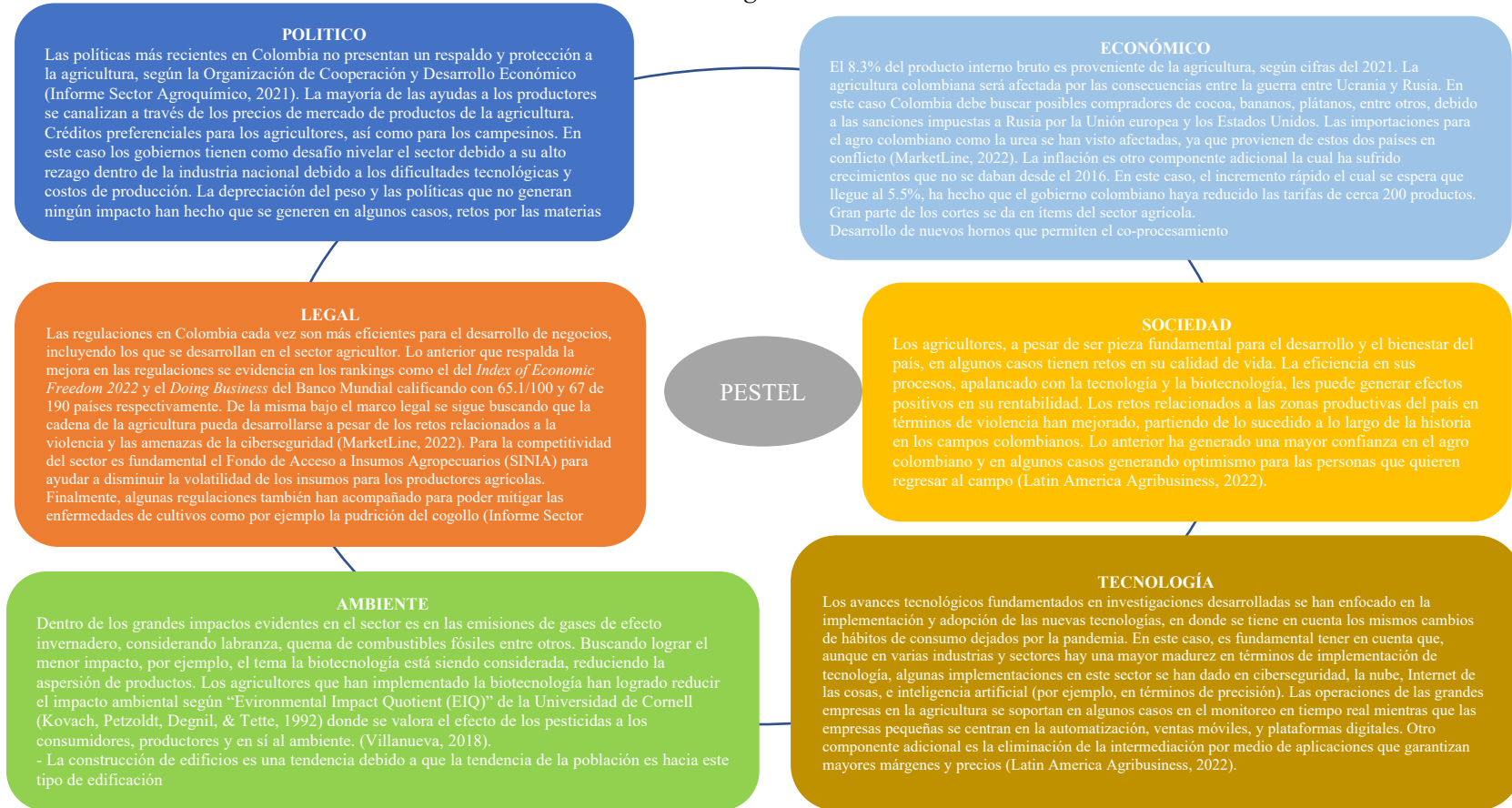
Análisis de datos

El análisis de los datos obtenidos se basó en la utilización de herramientas estadísticas que permitan hacer un análisis de la validez y confiabilidad de estos, un análisis descriptivo de las variables y poder responder a las preguntas originadas en el transcurso del estudio. Con respecto a las entrevistas, se tomó la información más relevante para nuestra definición de propuesta y que fue dada por los ejecutivos de VECOL S.A.

Diagnostico organizacional

Análisis Pestel

Figura 6 Análisis Pestel



Nota: Elaboración propia

5 fuerzas de Porter

Tabla 5 Análisis de las 5 Fuerzas de Porter

FUERZA	AMENAZAS	OPORTUNIDADES
COMPETIDORES ACTUALES	Creación de Apps que ayudan a mejorar los rendimientos de la agricultura todo el tiempo.	Fortalecer la tecnología a través de la asesoría técnica mediante un profesional en agronomía.
	Falta habilidades de interpretación de datos.	Movimiento de portafolio de productos conociendo la necesidad precisa de los cultivos.
	Ventas directas al agricultor.	Muy pocos competidores tienen servicio técnico después de la aplicación de herramientas tecnológicas
NUEVOS ENTRANTES	Se requiere capital para adquirir <i>hardware y software</i>	Poca cultura de innovación en el sector
	Son pocas las personas especializadas para manipular las herramientas tecnológicas.	
	Se desconoce el uso de las herramientas tecnológicas	
PODER DE NEGOCIACIÓN DE CLIENTES	Aún existen algunas veredas de Cundinamarca que no cuentan con una red de Internet.	VECOL S.A. cuenta con un buen portafolio que permitirá dar solución a los problemas identificados con las herramientas tecnológicas
	Aún hay agricultores que no cuentan con un celular con datos.	Compartir información con el fin de analizar problemas y soluciones en un gremio agricultor.
	Falta de conocimiento de las tecnologías de precisión.	Incremento de la rentabilidad al usar herramientas de precisión y tecnología
		Facilidad de la generación de la información valiosa para el agricultor
PODER DE NEGOCIACIÓN DE PROVEEDORES	El precio de adquirir nuevas herramientas tecnológicas es alto	Soluciones prácticas a los problemas que presentan en la producción de sus cultivos
	Se cuenta con pocos proveedores para adquirir nuevas herramientas tecnológicas	Se emplearía los productos que el terreno requiere con mayor precisión lo cual aumentaría la rentabilidad del agricultor.
PRODUCTOS SUSTITUTOS	Costo de los elementos de aplicación son menores con respecto a la adquisición de una herramienta de precisión (ej. Drones)	El costo de mano obra disminuiría para realizar fumigaciones si se usan drones.
	La efectividad de las aplicaciones del dron no son las más precisas	La producción en los cultivos sería más rentable si se aplica tecnología de precisión y softwares especializados.
	Resistencia del agricultor a cambiar una bomba de fumigación o creencias culturales por la adquisición de tecnología.	Reducción de plaguicidas y fertilizantes. Consumo más controlado de este tipo de productos.

Nota: Elaboración propia

Matriz DOFA

Para realizar la ponderación de las diferentes variables, se le otorga una calificación de 1 a 3, donde 1 es el nivel de actuación más bajo, 2 medio y 3 el nivel más alto.

Tabla 6 Identificación de variables

FORTALEZA		DEBILIDADES	
Buena imagen de los compradores.	3	Dependencia del 52% del total en ventas por la vacuna contra la fiebre Aftosa	3
Los productos ofrecidos en las unidades estratégicas satisfacen las necesidades de consumo del sector agrícola del país.	2	Manejar ventas B2B únicamente.	2
Inclusión de la venta de productos fertilizantes y edáficos en la línea agrícola	3	Inexperiencia en ventas directamente al cliente final.	3
Compromiso del equipo de trabajo	3	No ofrecen servicios, sólo productos.	3
OPORTUNIDADES		AMENAZAS	
Desarrollar la prestación de un servicio.	3	Cumplimiento al compromiso a la meta de libre de aftosa sin vacunación -Programa Hemisférico de Erradicación de la Fiebre Aftosa (PHEFA)	3
Uso de tecnología en el campo como estrategia de venta de los productos y de reducción de costos al productor.	3	Cambios recurrentes en las necesidades del mercado en temas tecnológicos.	3
Atender a un grupo de clientes de manera directa.	2	Empresas competidoras ofrecen servicios (aplicando tecnología) en su portafolio.	2
Ampliar la gama de productos agrícolas para satisfacer mayores necesidades de los clientes	2	Altos costos de insumos por la devaluación monetaria	1

Nota: Elaboración propia

Tabla 7 Matriz de ponderación, porcentajes y totales

Fortalezas	Debilidades	Oportunidades	Amenazas	Total
Buena imagen de los compradores (3)	Dependencia del 52% del total en ventas por la vacuna contra la fiebre Aftosa (3)	Desarrollar la prestación de un servicio (3)	Cumplimiento al compromiso a la meta de libre de aftosa sin vacunación -Programa Hemisférico de Erradicación de la Fiebre Aftosa (PHEFA) (3)	12 (29,26%)
Los productos ofrecidos en las unidades estratégicas satisfacen las necesidades de consumo del sector agrícola del país (2)	Manejar ventas B2B únicamente (2)	Uso de tecnología en el campo como estrategia de venta de los productos y de reducción de costos al productor (3)	Cambios recurrentes en las necesidades del mercado en temas tecnológicos (3)	10 (24.39%)

Fortalezas	Debilidades	Oportunidades	Amenazas	Total
Inclusión de la venta de productos fertilizantes y edáficos en la línea agrícola (3)	Inexperiencia en ventas directamente al cliente final (3)	Atender a un grupo de clientes de manera directa (2)	Empresas competidoras ofrecen servicios (aplicando tecnología) en su portafolio (2)	10 (24.39%)
Compromiso del equipo de trabajo (3)	No ofrecen servicios, sólo productos (3)	Ampliar la gama de productos agrícolas para satisfacer mayores necesidades de los clientes (2)	Altos costos de insumos por la devaluación monetaria (1)	9 (21,95%)
11 (26.82%)	11 (26.82%)	10 (24.39%)	9 (21,95%)	41
Factor de optimización F+O		51.21%		
Factor de riesgo D+A		48.77%		

Nota: Elaboración propia

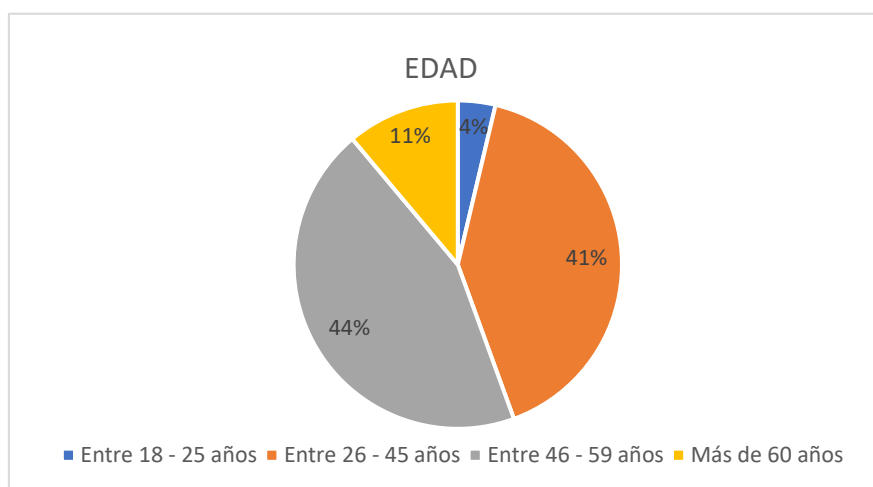
Análisis de los Resultados

Análisis de los resultados cuantitativos

Encuestas

El desarrollo de las encuestas se realizó a 27 agricultores de la zona de Fόμεque Cundinamarca, que estuvieran involucrados con el cultivo de tomate. En el Anexo A se puede observar la encuesta aplicada y a continuación, se exponen los resultados que se obtuvieron al aplicar la encuesta:

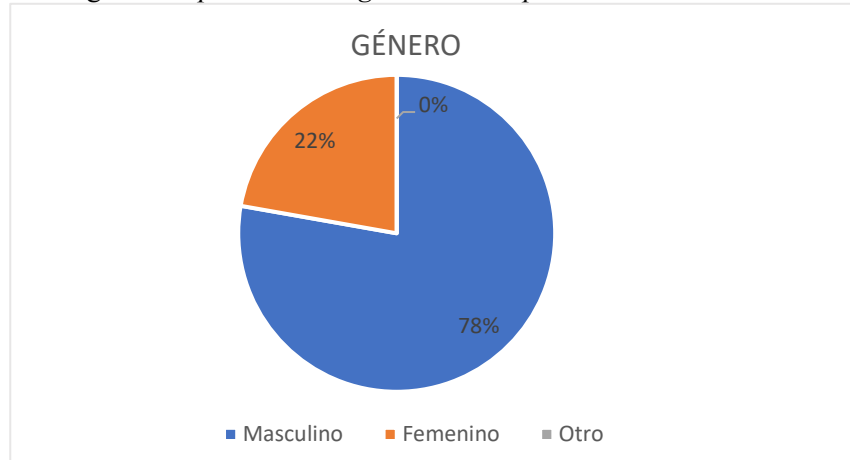
Figura 7 Representación de la edad de las personas encuestadas



Nota: Elaboración propia

La Figura 7 muestra que el 44% de personas encuestadas están entre los 46 y 59 años, seguida del 41% que pertenece al rango entre los 26 - 45 años, es decir, que los agricultores que cultivan tomate en Fόμεque principalmente son de mediana edad.

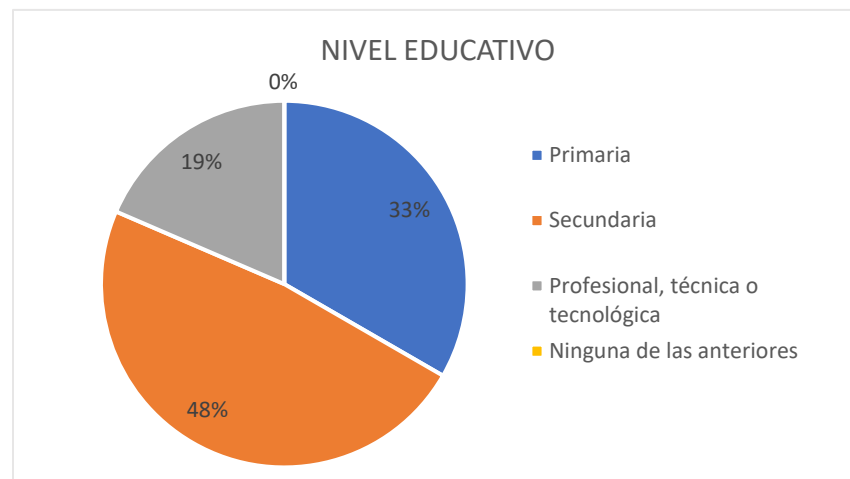
Figura 8 Representación género de las personas encuestadas



Nota: Elaboración propia

Con respecto a la Figura 8, se puede observar que el 78% de las personas encuestadas fueron de género masculino, siendo este el más representativos en ambos géneros.

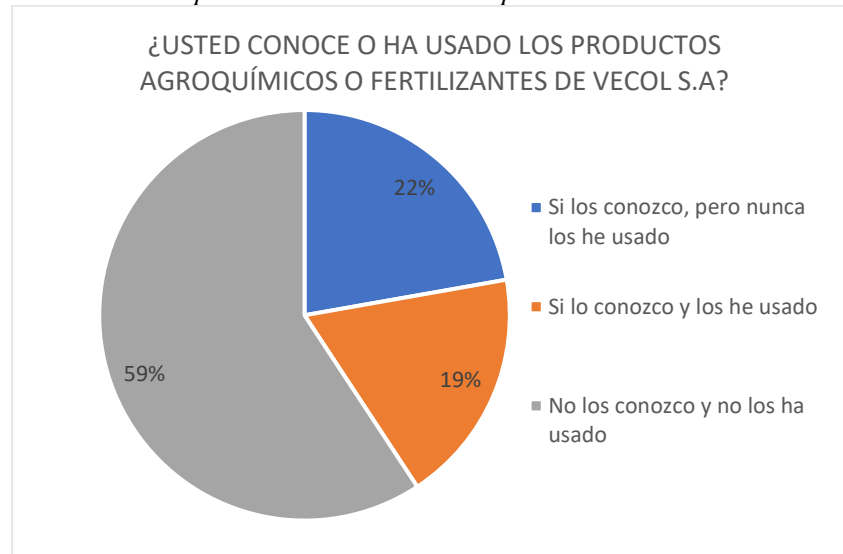
Figura 9 Nivel educativo de las personas encuestadas



Nota: Elaboración propia

Al observar la Figura 9, el 48% de los encuestados tienen un nivel educativo de secundaria, seguido por la primaria, para lo cual la tecnología propuesta debe ser de fácil uso y entendimiento.

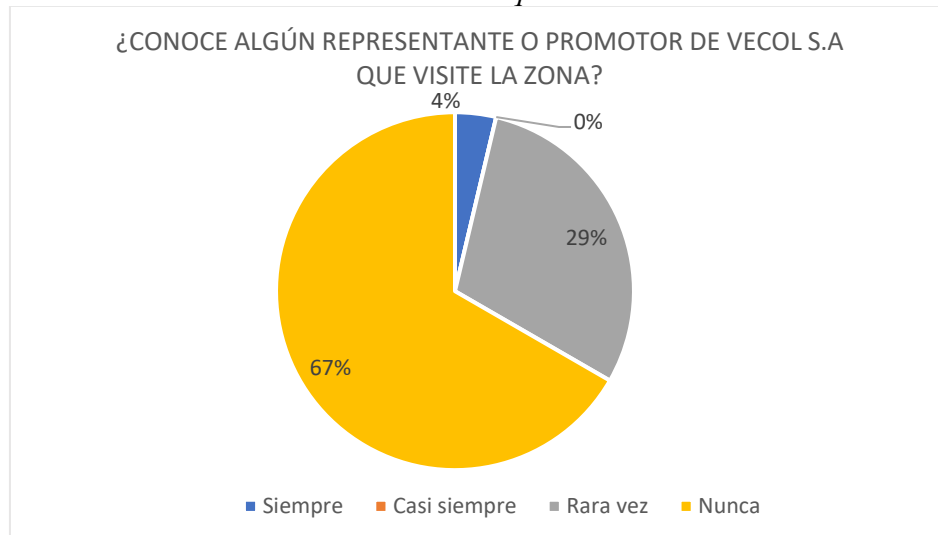
Figura 10 Uso de los productos de VECOL S.A por los encuestados



Nota: Elaboración propia

En la Figura 10, se puede concluir que el 59% de los encuestados no conocen los productos o fertilizantes de VECOL S.A y solo el 19% informan que si los conoce y los ha usado.

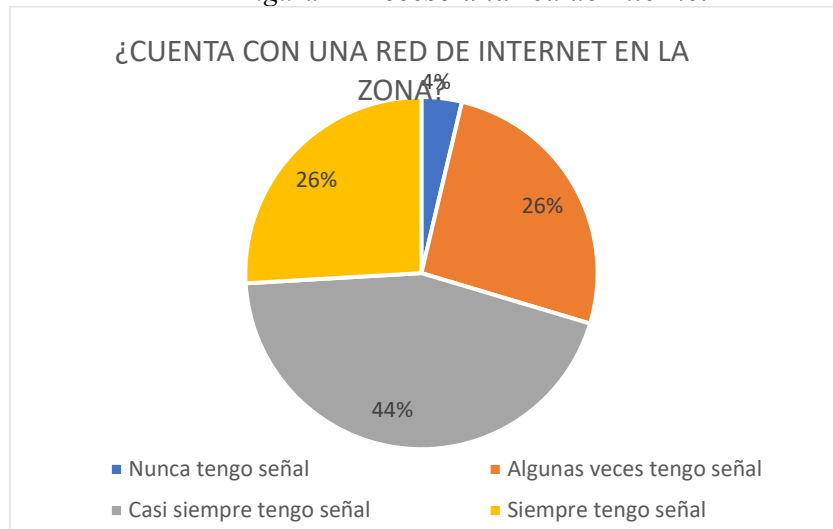
Figura 11 Conocimiento de los encuestados de la presencia de un representante o promotor en la zona de Fόμεque.



Nota: Elaboración Propia

Según la Figura 11, el 67% de las personas encuestados informan que nunca han conocido a algún representante o promotor que visite la zona. El 4% de los encuestados si han conocido algún representante o promotor en Fόμεque, Cundinamarca.

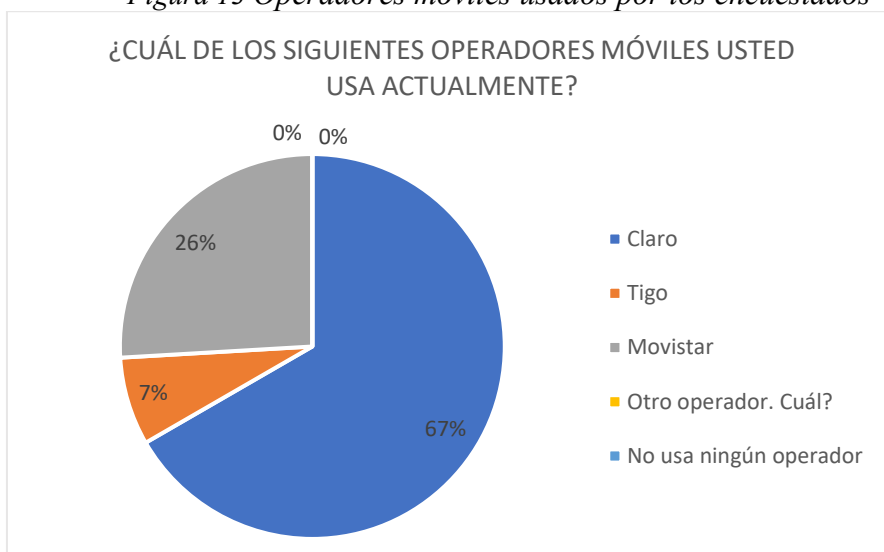
Figura 12 Acceso a la red de Internet



Nota: Elaboración propia

En la *Figura 12*, se puede observar que el 44% de las personas tienen casi siempre una red de Internet en la zona y se puede deducir que, en Fόμεque, Cundinamarca, se tiene señal intermitente en algunos sectores del municipio.

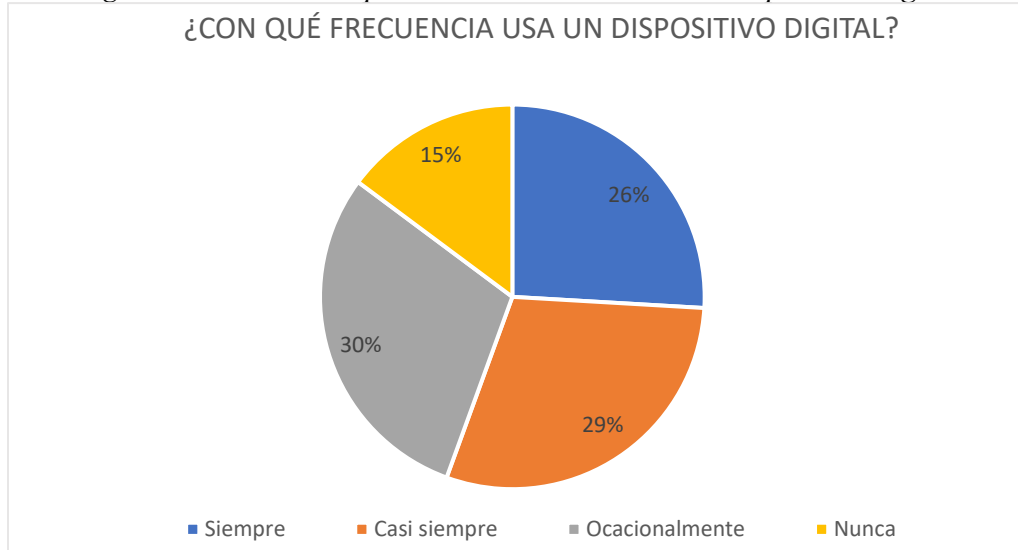
Figura 13 Operadores móviles usados por los encuestados



Nota: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la *Figura 13*, el operador que más se usa en esta zona es Claro por ser más estable y ser de mayor cobertura, con respecto a otros operadores

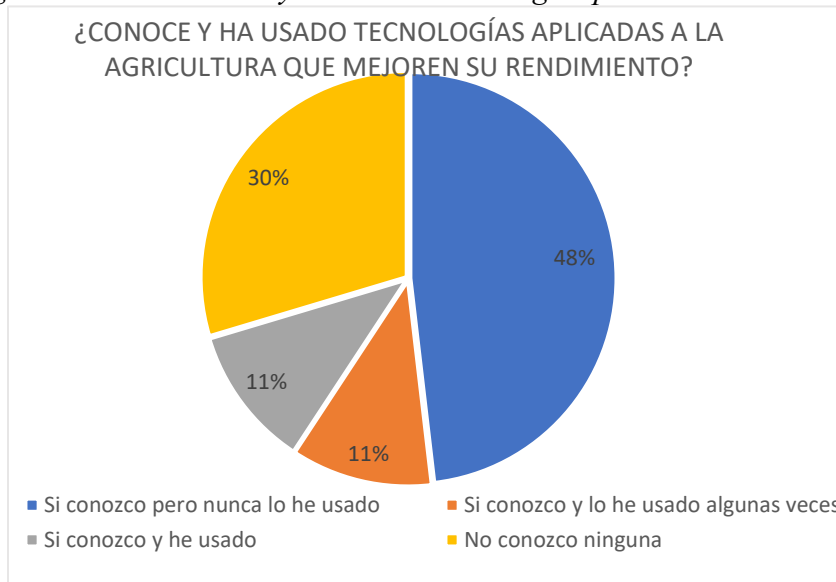
Figura 14 Frecuencia que los encuestados usan un dispositivo digital



Nota: Elaboración propia

Según la *Figura 14*, el 30% de los encuestados usan ocasionalmente un dispositivo digital, seguido por un 29% que corresponde a que casi siempre lo están usando.

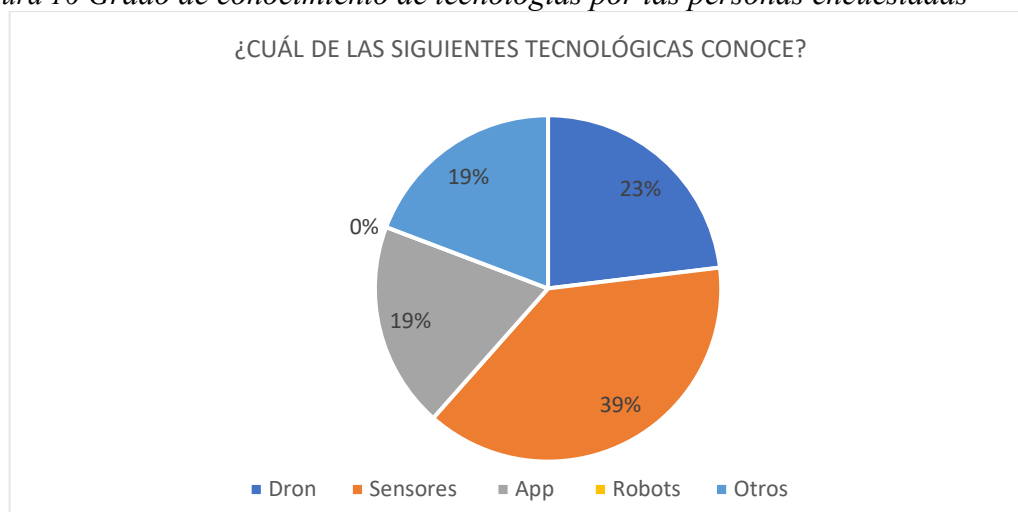
Figura 15 Conocimiento y uso de las tecnologías por los encuestados



Nota: Elaboración propia

De acuerdo con la *Figura 15*, se puede deducir que el 48% de los agricultores si conoce, pero nunca ha usado alguna tecnología que se aplique a la agricultura. Sin embargo, el 30% de los encuestados declara que no conoce ninguna.

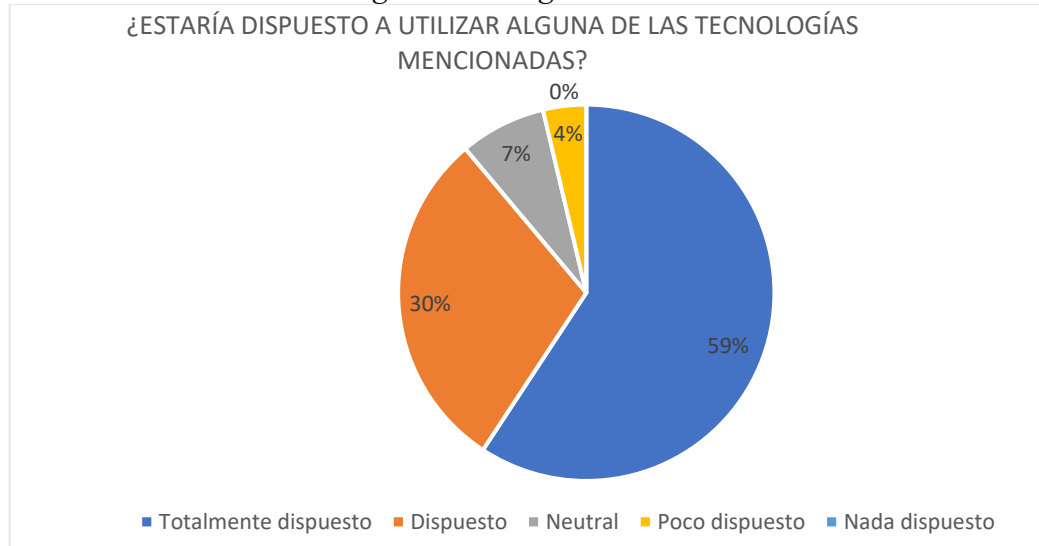
Figura 16 Grado de conocimiento de tecnologías por las personas encuestadas



Nota: Elaboración propia

Con relación a la *Figura 16*, el 39% de los agricultores respondieron que conocen los sensores como una herramienta tecnológica y el 23% conoce el uso de los drones en la agricultura.

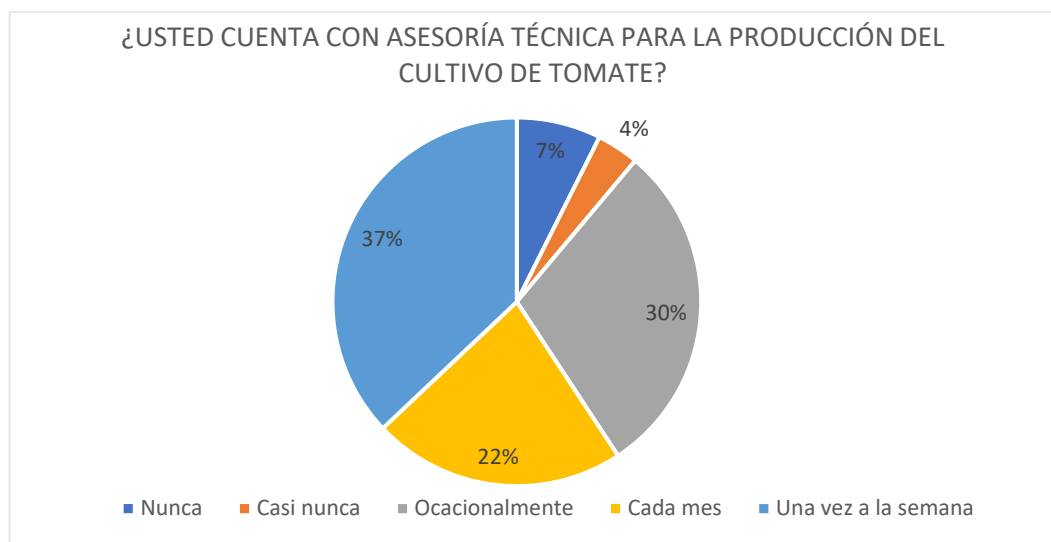
Figura 17 Representación de cuantos de los encuestados estarían dispuestos a utilizar alguna tecnología



Nota: Elaboración propia

Según la *Figura 17*, el 59% de los encuestados respondieron a esta pregunta que estarían dispuestos a utilizar alguna de las tecnologías mencionadas en el punto anterior.

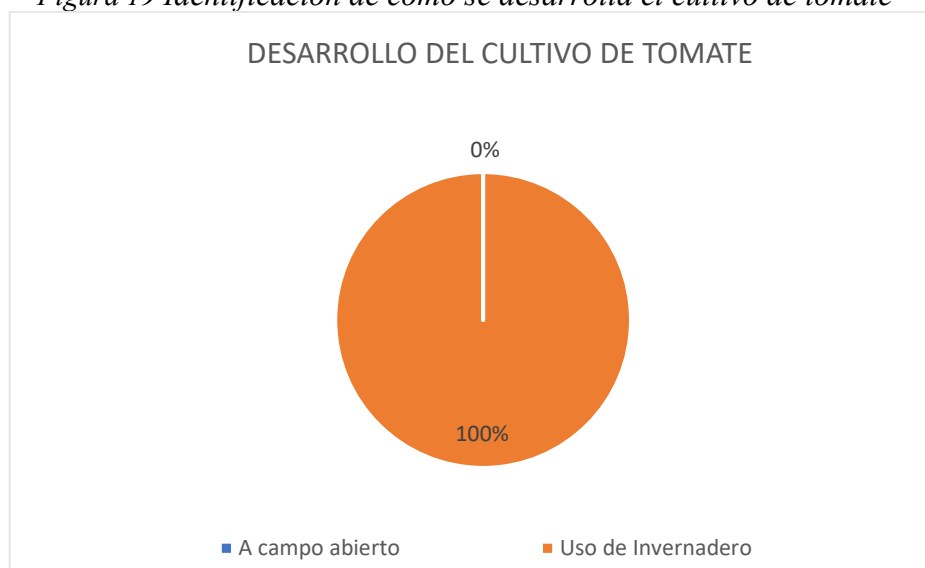
Figura 18 Asesoría técnica para la producción de tomate



Nota: Elaboración propia

En la *Figura 18*, se puede deducir que el 37% de los agricultores nunca han contado con asesoría técnica para la producción del cultivo de tomate. Este porcentaje esta seguido por el 30% que corresponde a que los encuestados ocasionalmente han tenido algún tipo de asesoría en su finca.

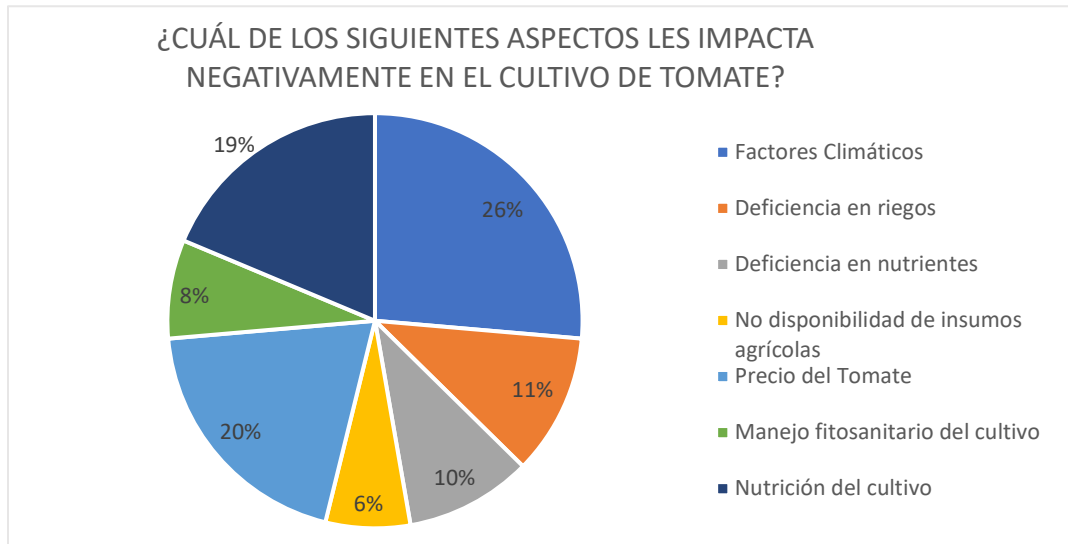
Figura 19 Identificación de cómo se desarrolla el cultivo de tomate



Nota: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la *Figura 19*, el 100% de los encuestados de Fómeque, Cundinamarca reportaron que ellos desarrollan el cultivo de tomate en invernaderos y ninguno lo hace a campo abierto.

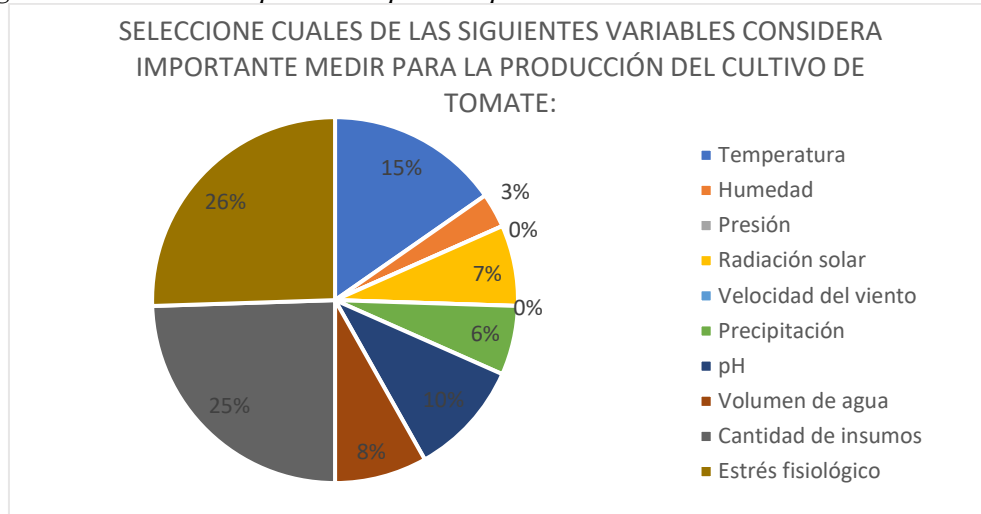
Figura 20 Aspectos que impactan negativamente en el cultivo de tomate



Nota: Elaboración Propia

El aspecto que más impacta negativamente el cultivo de tomate y que corresponde en un 26% es el factor climático, según la *Figura 20*, posteriormente con un 20% el precio del tomate y con un 19%, el tercer aspecto más importante que impacta de forma negativa es la nutrición del cultivo.

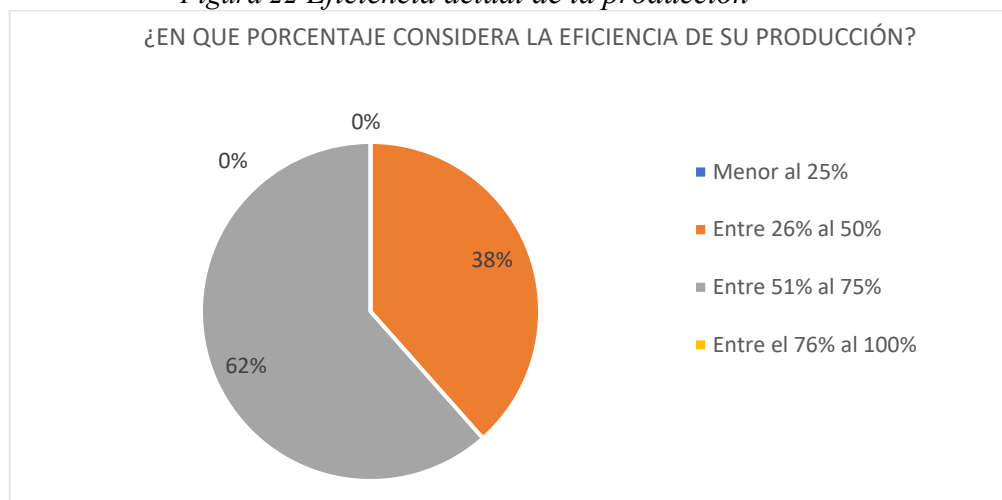
Figura 21 Variables importantes para la producción el cultivo de tomate



Nota: Elaboración propia

La variable más importante para medir la producción del cultivo de tomate, según la encuesta y la *Figura 21*, es el estrés fisiológico con un porcentaje del 26%. Como segunda variable se encuentra la cantidad de insumos con un 25%. La presión y la velocidad de viento, según la encuesta, no se encuentran como variables tan importantes para medir este aspecto.

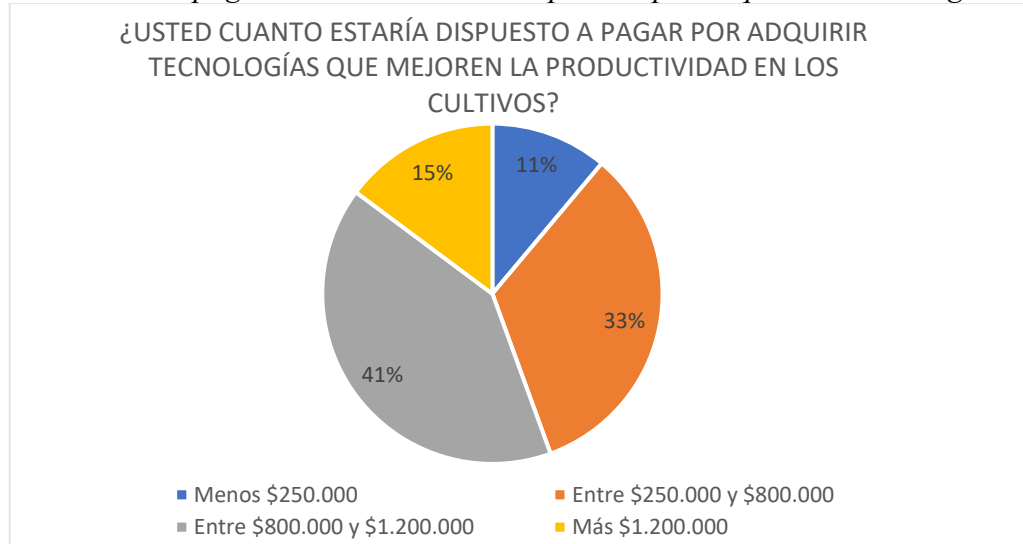
Figura 22 Eficiencia actual de la producción



Nota: Elaboración propia

Según la *Figura 22*, el 62% de los agricultores encuestados consideran que la eficiencia de la producción de tomate se encuentra entre el 51% al 75%. El 38% considera que tienen una eficiencia entre el 26% y 50%.

Figura 23 Valor del pago de cuanto estarían dispuestos por adquirir la tecnología



Nota: Elaboración propia

Con respecto a la *Figura 23*, el 41% de los agricultores encuestados pagarían entre \$800.000 y \$1.200.000 y el 33% pagarían entre \$250.000 y \$800.000 para adquirir tecnologías que mejoren la productividad en los cultivos. El 11% mencionó que pagarían menos de \$250.000.

Teniendo en cuenta el análisis de cada una de las preguntas, se puede determinar que el perfil de los agricultores de tomate de Fόμεque, Cundinamarca, tienen las siguientes características: La edad promedio es 46 y 59 años de edad, la mayoría son de género masculino, con un nivel de educación hasta la secundaria, no conocen los fertilizantes ni agroquímicos de VECOL S.A. y así mismo no identifican ni a un promotor o representante de ventas de la compañía, cuentan con una señal de Internet casi siempre y el operador más usado es CLARO, el uso de un dispositivo móvil

(celular, *tablet* o computador) es común, pero no es una herramienta vital para su diario vivir.

Con respecto al empleo de uso de tecnologías digitales que le ayuden a mejorar su rendimiento, los encuestados saben que existen, pero no han sido usadas por ellos. La herramienta tecnológica más conocida son los sensores y después el dron, no tienen mucho conocimiento sobre las Apps y robots. Los agricultores estarían dispuestos a adquirir alguna tecnología para mejorar su productividad y nunca han contado con asesoría técnica. Una de las características más importantes es el desarrollo del cultivo de tomate en invernadero y se identificó que el aspecto que más impacta negativamente al cultivo son los factores climáticos y la variable más significativa para medir la producción es el estrés fisiológico. Los agricultores consideran que la eficiencia de su cultivo es entre el 51% al 75% y ellos estarían dispuestos a pagar por adquirir una herramienta digital entre \$800.000 y \$1.200.000.

Análisis de los resultados cualitativos

Entrevistas

Los puntos más relevantes de las entrevistas realizadas al personal de VECOL S.A. se encuentran en el Anexo B. A continuación, se encuentran las conclusiones de cada una de las preguntas realizadas.

En general, los profesionales y directivos que participaron en la entrevista conocen las tecnologías aplicadas a las actividades agrícolas como drones en aplicaciones fitosanitarias para cultivos, estaciones climáticas, sensores, entre otros, sin embargo, VECOL S.A. no ha experimentado el uso de una de estas. Entienden el gran potencial y en algunos

casos la aplicación. Creen que sería una ventaja competitiva que diferenciaría los portafolios y entregaría una propuesta de valor.

Los retos identificados son relacionados con la alta inversión, la adopción de las nuevas tecnologías por parte del agricultor, la volatilidad de los precios de los productos cosechados, inclusión y capacitación de nuevo personal.

Los procesos que consideran que se podrían parametrizar con tecnología en el cultivo de tomate son el fertirriego, el cual también podría aplicarse a otros productos como zanahorias, pimentón, hortalizas, etc. Con las variables como temperatura, humedad relativa, entre otros se podría determinar el control de plagas y enfermedades. Por otro lado, se sugiere que a través de imágenes diagnósticas tomadas con drones se determinen variables relacionadas con el estrés fisiológico.

Los indicadores que actualmente manejan los agricultores están relacionados con productividad por planta (kg/planta), indicadores de inversión, número de aplicaciones y calidad del fruto.

Los *softwares* que conocen son Smart Management y *Galileo Cloud System*.

Definitivamente, es un reto para VECOL S.A. atender directamente al agricultor por alcance, cobertura, crédito, volumen, entre otros, sin embargo, este es un escenario en donde pueden entregar precios más competitivos y lograr mayores márgenes. En algunos casos contados logran hacerlo directamente.

Por medio de la Tabla 8, se diagrama la síntesis del análisis de las entrevistas:

Tabla 8 Análisis de entrevistas

Herramientas Tecnológicas, uso, ventajas y desventajas	Retos al ofrecer tecnología	Procesos para parametrizar	Indicadores	Software	Atención directa al consumidor
Conocen las tecnologías: drones, estaciones climáticas, sensores.	Alta inversión, volatilidad de precios	Temperatura, humedad relativa, imágenes diagnósticas, entre otros	Número de aplicaciones, Humedad, sustrato Calidad del fruto	Consumo, riego, frecuencia de aplicación de los productos	Reto por alcance, cobertura, crédito, volumen
Ventaja competitiva	Adopción, capacitación	Fertirriego, control de plagas, enfermedades, estrés fisiológico	Productividad por planta	<i>Smart Management</i>	Se hace en algunos casos
Gran potencial	Costos	Diferentes cultivos	Inversión	<i>Galileo Cloud System</i>	Precios más competitivos, mayor margen

Nota: Elaboración propia a partir de los datos de la entrevista

Análisis de la observación a la feria

En Bogotá, desde el 26 de octubre hasta el 28 de octubre del 2022, se llevó a cabo la feria ExpoAgro Futuro 2022, la cual estaba enfocada en el sector agropecuario y ganadería, en donde las empresas expusieron sus herramientas más eficientes, con el fin de mejorar las labores generales en el campo. Allí se pudo observar que las empresas están buscando alternativas que le permitan al agricultor implementar tecnologías digitales que les ayude a obtener mayor control de sus actividades. Esto permitió ayudar a los investigadores a identificar las herramientas digitales que están disponibles en el mercado colombiano.

Los estantes de las empresas que se observaron fueron INSTACROPS, COMUNICACIONES Y SEGURIDAD, LYNKS, AGROBIT, RITEC y KOTRA, en donde se tuvo en cuenta herramientas como drones, sensores, diferentes *software*, inteligencia artificial y estaciones meteorológicas y cuya característica relevante es que pudiera ser usado desde un celular o dispositivo electrónico con Internet.

Se identificó que el dron, a pesar de ser una herramienta muy útil para aplicación de insumos agrícolas, tiene la desventaja de ser usado en invernaderos por ser lugares cerrados y no a campo abierto, en el cual el vuelo del dron no podría realizarse. Además, es un instrumento altamente costoso en su implementación, capacitación y mantenimiento, para lo cual no sería viable para el reto.

Con respecto a los sensores y estaciones meteorológicas, son herramientas que sirven para realizar monitoreo a los cultivos para identificar el estrés fisiológico que puede tener la planta en un cultivo. Además, una ventaja de monitorear es poder crear alertas en el celular y avisarle al agricultor de las condiciones climáticas que puedan ser críticas y que favorezcan la presencia de problemas fitosanitarios. Estas estaciones miden variables como son: Temperatura ambiente, humedad relativa, presión barométrica, puntos de rocío, horas de frío, radiación, entre otros. Esta tecnología es ofrecida por LYNKS, INSTACROPS y RITEC y ellos establecen pagos mensuales o anuales para poder acceder a sus servicios.

AGROBIT ofrece mediante una App del celular o dispositivo electrónico un *software*, basado en la inteligencia artificial, que le permita al usuario tener un control de toda la cadena de producción alimentaria, con el fin de tener mayor trazabilidad y poder aplicar las buenas prácticas agrícolas.

KOTRA es una oficina de la Embajada de Corea del Sur, la cual brinda apoyo a la agricultura colombiana para adquirir herramientas tecnológicas y poder utilizar las ventajas del TLC entre Colombia y Corea del Sur. Este país ha demostrado con su experiencia que la digitalización de los invernaderos de tomates, fresas, arándanos, hortalizas, entre otros, han

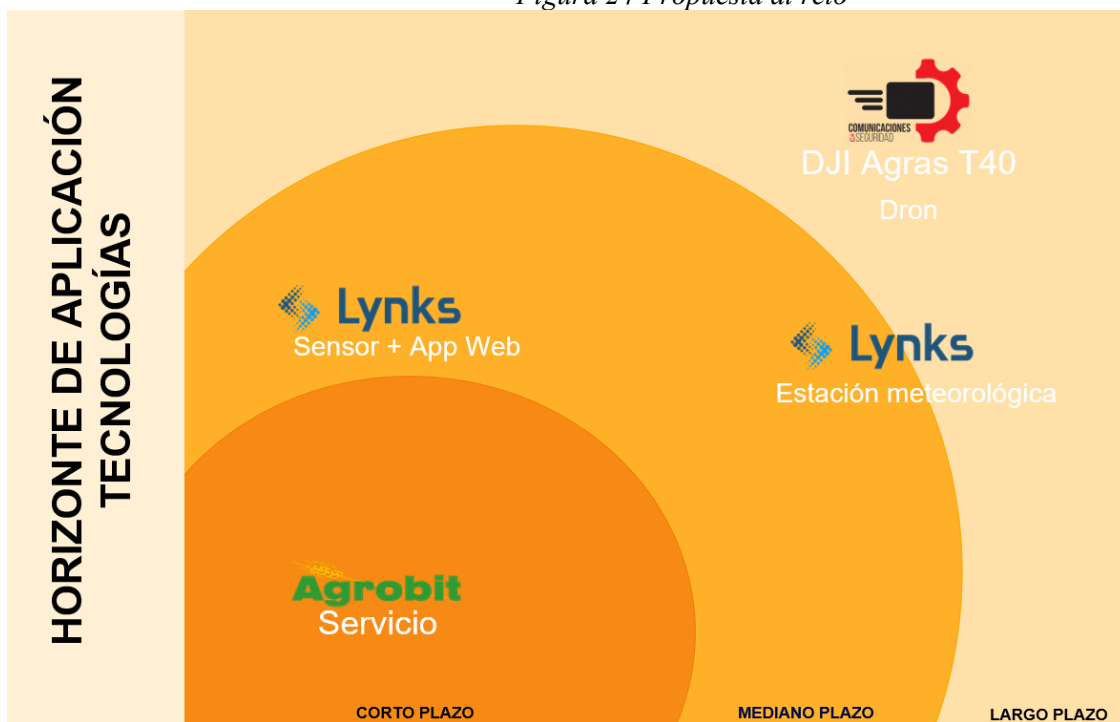
incrementado sus rendimientos en un 35%, aportando una mejor rentabilidad para el agricultor y que ha motivado a la juventud a continuar con labor en el campo.

Las guías de observación diligenciadas se encuentran en el Anexo C de este documento.

Resultados de la Solución

Teniendo en cuenta el anterior análisis de resultados y de dar la mejor opción al reto propuesto en este trabajo de consultoría, se realizó la Figura 24 con el objetivo de poder explicar la solución de una forma gráfica, en donde se entrega cuatro (4) soluciones en tres diferentes horizontes (Tiempo), teniendo presente el tipo de tecnología, sus funciones, los indicadores, proveedores y la implementación. Lo anterior considerando que se debe someter a una viabilidad mediante pruebas piloto que identifiquen los beneficios reales tanto para VECOL S.A. como los agricultores.

Figura 24 Propuesta al reto



Nota: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la Figura 24, la tecnología que está basada en la prestación de un servicio mediante una App se puede adquirir a corto plazo, en cambio,

los sensores y la estación meteorológicas, deben tener estudios piloto para determinar la capacidad que se quiere cubrir usando la tecnología, además adquirir los instrumentos para poder hacer las mediciones de indicadores, como son temperatura, radiación, y humedad relativa. Con respecto a los drones, por su alto costo y complejidad para ser usado, se puede proyectar a largo plazo su aplicación de insumos agrícolas que le permita entregarle al agricultor una alternativa que le ayude a usar los productos agrícolas eficientemente, lo cual se traducirá en un ahorro económico para él. Existen, también drones más pequeños que realizan diagnósticos del estado de sus cultivos y georreferenciación.

Además, como resultado de la búsqueda de información y análisis de resultados encontrados, se pudo identificar varias empresas que ofrecen, en el país, soluciones basadas en tecnologías para los procesos productivos en la agricultura, las cuales tienen a disposición los servicios tanto para empresas involucradas con la agricultura y a sus consumidores finales a través de la compra de equipos, licencias y/o fee mensual.

Por tal motivo, en la Figura 25, se puede observar el mapa de ruta tecnológica que permita tener claros los nombres de los instrumentos que las empresas usan para cada uno de sus productos, junto con el nombre del proveedor, las funciones que presta cada una de las herramientas propuestas como alternativas, los indicadores que ayudarían al agricultor a mejorar su productividad y la forma adquisición de la tecnología.

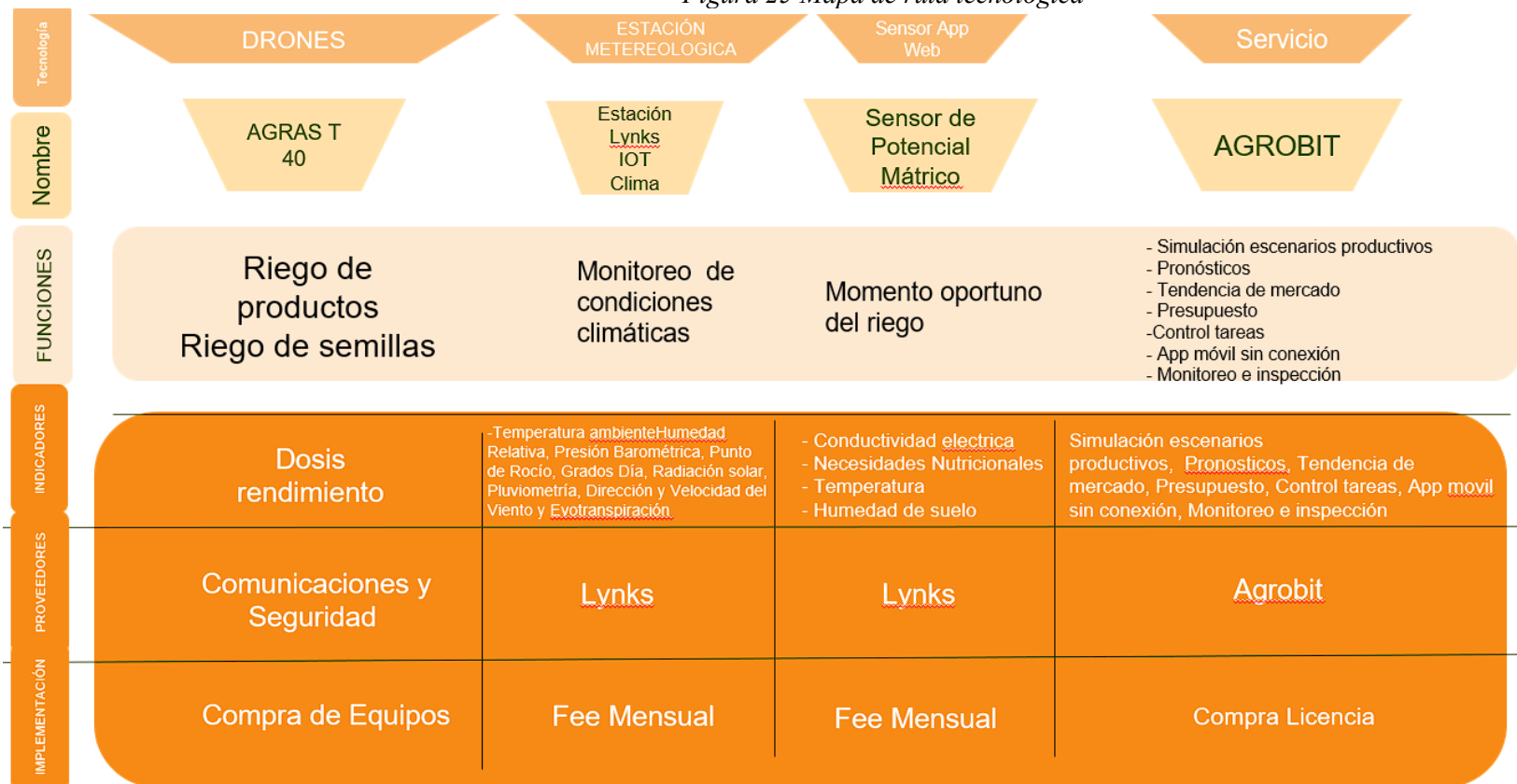
Una de las características principales de estas herramientas, sin excepción, es el uso de Internet, por tal motivo, se debe contar con buena señal, ya sea por WIFI o servicio de datos que permita operar sin ningún inconveniente la tecnología.

Adicionalmente, cualquiera de las herramientas debe contemplar el apoyo de profesionales conocedores tanto del *hardware* como del *software* del programa y de la interpretación de datos que se obtengan durante su aplicación.

Este trabajo es una guía para que VECOL S.A. pueda realizar pruebas de validación de la tecnología que se ajuste a la agricultura, como es en el caso de tomate en invernadero, a través de una prueba piloto aplicada en el municipio de Fómez, que ayude a obtener valores de rendimiento, eficiencia y optimización de recursos, como insumos agrícolas y uso de agua, con el fin de abrir la posibilidad de ofrecer el servicio dentro de su portafolio empleando la tecnología. Es valioso tener presente que la decisión y la forma de adquirir la tecnología es de VECOL S.A, por ello se brinda diferentes alternativas para que la empresa seleccione la más adecuada y las cuales se explican claramente en la Figura 25. El empleo de herramientas tecnológicas van a permitir al agricultor tener una ventaja competitiva en el futuro, debido a que al optimizar insumos agrícolas van a contribuir a la sostenibilidad de la agricultura y a incrementar la rentabilidad de sus cultivos por la predicción del clima y la obtención de la recomendación en tiempo real. En este caso, dependiendo de los resultados de la prueba piloto, se podría ofrecer la tecnología por parte de VECOL S.A., inicialmente, dentro de su propuesta de valor hacia los agricultores que usen su producto, o también como otra línea de servicios para los agricultores sin importar los insumos químicos que

estén trabajando, asociándose con el proveedor de la tecnología. La definición del modelo depende de los resultados de la prueba piloto, la cual permitirá el potencial real de las tecnologías nunca validadas en el país para el cultivo de tomate en Fômeque.

Figura 25 Mapa de ruta tecnológica



Nota: Elaboración propia

Selección de las tecnologías

A partir del análisis realizado en la Figura 24 y Figura 25 sobre la tecnología a aplicar en los cultivos de tomate en invernadero en el país, se consideran adecuadas la estación meteorológica y los sensores app web. Estas son tecnologías completas, las cuales recolectan datos in situ de temperatura, humedad relativa y radiación, siendo parámetros cruciales para el crecimiento del tomate (Shamshiri et al., 2018, como se citó en Tanaka M., 2021). Las plantas de tomate son sensibles a cambios extremos en temperatura y humedad, ya que están relacionadas con la proliferación de plagas; si existe una temperatura mayor de 25°C mejoran las condiciones para el crecimiento de insectos como son los áfidos, gusanos, entre otros.

Las estaciones meteorológicas son equipos prácticos que permiten ubicarse en espacios reducidos y controlados, como son los invernaderos de cultivo de tomate de Fόμεque, siendo estos de máximo 2 hectáreas.

La tecnología incluye la posibilidad de almacenar datos en la nube por medio de un *software*, el cual avisa al agricultor cuando los parámetros se encuentren fuera de especificaciones por medio del celular y de realizar predicciones que brinden la posibilidad de disminuir costos, incrementar la eficiencia en la producción de los cultivos, optimizar recursos e insumos agrícolas

Considerando la experiencia de estas tecnologías en la agricultura del país, se pudo evidenciar que existe una oportunidad importante en la aplicabilidad y el entendimiento de estas tecnologías en el cultivo de invernadero de tomate, debido a que no existe

información relacionada para este cultivo porque ha sido solo a grandes extensiones de cultivo de palma y caña de azúcar principalmente.

Para los anteriores casos, su aplicabilidad ha tenido un impacto en el ahorro de energía del 30%, mejoras en rendimiento de 15% al 20%, y reducción en costos del 10% (Lynks, 2023)

En este sentido, como parte de la consultoría, se propone el desarrollo de una prueba piloto aplicada en el municipio de Fómez, en el cultivo de tomate en invernadero, con el fin de generar información precisa que permita a VECOL S.A evaluar la necesidad de implementarla, evaluando el rendimiento, la optimización de recursos y la calidad.

Procedimiento de la prueba piloto

La prueba piloto consiste en disponer de 2 parcelas de 2 ha aproximadamente cada una, que tengan las mismas condiciones agroecológicas, comprendido por un periodo de 6 meses que corresponde al ciclo fenológico del cultivo de tomate desde la siembra. Una de las parcelas mantendría los procedimientos convencionales (agricultura empírica); y la otra en donde se use la estación meteorológica con el fin de poder realizar las mediciones en cuanto al rendimiento, eficiencia y costos asociados.

En la Tabla 9 se encuentran las variables que van a ser medidas por la estación meteorológica y que son vitales para el crecimiento y producción del cultivo como son humedad, temperatura y radiación solar. En la tabla se describen los valores óptimos, los beneficios obtenidos, las consecuencias si existe valores extremos y cómo actuar en caso de que sucedan.

Los valores óptimos de humedad y temperatura que se deben mantener durante el periodo de cosecha del cultivo de tomate en Fόμεque son entre (50% y 65%) y temperatura (16%y 26%) respetivamente (Páez, J., comunicación personal, 15 de agosto de 2023).

Tabla 9 Variables por medir en la prueba piloto

Variable	Valores óptimos	Beneficios	Consecuencias de los extremos	Acción de control
Humedad	Entre 50% - 65% (Jaramillo et al., 2013)	Óptimo crecimiento y fertilidad en el cultivo.	<p>Humedad relativa baja: Mayor tasa de transpiración produciendo estrés hídrico. Reducción de la actividad fotosintética de la planta. Deshidrata el polen, produciéndose anomalías en el fruto.</p> <p>Humedad relativa alta: Se reduce la transpiración de las hojas, lo que lleva a la planta a desplazar el agua a los frutos, esto puede ocasionar fajamiento de frutos.</p>	<p>En el sistema de invernadero se manejan cortinas, las cuales se abren en la mañana entre las horas 8:30 - 9:00 am y en la noche se cierran aproximadamente a las 5:00 pm.</p> <p>En los días lluviosos se mantienen cerradas evitando la salida del calor del invernadero.</p>
Temperatura	Entre 18°C - 25°C (Olabisi y Nofiu, 2022)	Mantener la temperatura controlada dentro del rango ayuda a que se lleve a cabo la fecundación de la flor de la planta de tomate, permitiendo el crecimiento del fruto.	<p>Temperaturas bajas: La flor se cierra, no fecunda y en caso de fecundar crece deforme, siendo un fruto poco apetecido para venta.</p> <p>Temperaturas Altas: Las raíces se queman, mayor incidencia de plagas, ácaros, gusanos, entre otros.</p>	
Radiación solar	8.46 MJ/m ² /día (Perin et al., 2018)	<p>Mayor crecimiento vegetativo como resultado más alta producción.</p> <p>Requiere de días soleados para un buen desarrollo de la planta y lograr una coloración uniforme en el fruto.</p>	<p>Radiación baja: Tiene un efecto sobre la producción de frutos huecos y la maduración manchada en los frutos. Las plantas tienden a ser débiles, lo que causa una disminución de la producción. Incide en los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta. Reduce la absorción de aguas y nutrientes.</p>	

Nota: Elaboración propia

La frecuencia con que se realizará la toma de datos de las anteriores variables se efectuará todos los días durante seis meses, con dos revisiones diarias a ambas parcelas.

Cada revisión que se realice a la parcela convencional se graficarán las medidas y deberán tener una tendencia constante, si existe variaciones se deberá realizar la acción de control propuesta en la Tabla 10. Con respecto a la parcela de la prueba piloto se estará chequeando las tendencias de las curvas diseñadas por el *software*, con el fin verificar que no existan variaciones, además, de estar atentos a las alertas que puedan surgir y sean informadas al celular. Esto se llevará a cabo por una persona con perfil en ciencias agronómicas quien podrá interpretar los datos obtenidos manual y tecnológicamente.

En cada una de las parcelas se deberá realizar un monitoreo de los impactos que se estarían teniendo en insumos, recursos, ocurrencias de enfermedades y de proliferación de plagas, entre otros. Por lo anterior, la persona contratada para hacer el seguimiento también tendrá que efectuar registros de pesaje a la producción obtenida de tomate, volumen de agua usada para la aplicación de agroquímicos, conteo de plantas afectadas por plagas y/o enfermedades y clasificación del tomate, debido a que serán los insumos para calcular los indicadores.

Los indicadores evaluarán la producción en función de la cantidad de tomate, el volumen de agua en las aplicaciones, incidencia de enfermedades o plagas presentadas durante la cosecha y la cantidad de tomate de calidad denominado por los agricultores “tomate grueso”. Este último se caracteriza por tener un peso aproximado por fruto de 200 g y se vende a mejor precio en el mercado, representando la calidad y la rentabilidad. Estos indicadores se sustentan a partir de las entrevistas a los técnicos de VECOL S.A. y a los agricultores, además, del apoyo de NOURISH GROUP S.A.S.

Los valores de referencia se obtendrán a partir de la prueba convencional sin la inclusión de tecnología, logrando así un comparativo en tiempo real evidenciando los beneficios de la propuesta.

Tabla 10 Indicadores

INDICADOR	UNIDAD	FÓRMULA
Producción de tomate	Kg/ Planta	$\frac{\text{Kg de tomate}}{\text{planta}}$
Disminución del uso del agua en la aplicación de plaguicidas	Volumen (L)	$\text{Volumen de agua usado en PC} - \text{Volumen de agua usado en PP}$ <p style="text-align: center;">Donde PP= Prueba piloto PC= Producción convencional</p>
% Incidencia de plagas o enfermedades en el cultivo	Porcentaje (%)	$\frac{\# \text{ de plantas enfermas o con plagas}}{\# \text{ total de plantas}} \times 100$
Incremento en el % de producción de tomate de calidad (Tomate grueso).	Porcentaje (%)	$\frac{\text{Kg de tomate grueso}}{\text{Kg total de la producción}} \times 100$

Nota: Elaboración propia

Equipo

El equipo que se propone para el desarrollo de la prueba piloto es la estación Lynks *IOT CLIMA STANDARD*, debido a los múltiples sensores que posee, ideal para espacios bajo sistema de invernaderos, teniendo en cuenta que los cultivos de tomate en Fόμεque de los agricultores entrevistados tienen en promedio áreas de 0,3 ha a 2 ha, por lo que con sol la instalación de un equipo es suficiente para recolectar información del suelo y ambiente de dicho cultivo puesto que tiene una cobertura máxima de 100 ha.

Como se puede observar en la Figura 26, el equipo se compone de un sensor para medición de temperatura y humedad relativa, un sensor de lectura de radiación solar y un sensor para la evaluación de precipitación.

Figura 26 Equipo Lynks IOT CLIMA STANDARD



Nota: Lynks

Costos

Para el desarrollo de la estimación económica se tuvo en cuenta el apoyo de la empresa Lynks dedicada a la fabricación, venta y operación de las estaciones meteorológicas y del *software* de análisis de datos. Ellos aportaron asesoría a los investigadores y suministraron cotizaciones, la cual se encuentra en el Anexo D, sobre los diferentes equipos, soporte técnico, instalación y mantenimiento.

Teniendo en cuenta lo anterior, se construyó la Tabla 11 donde se visualizan los costos estimados para realizar la prueba piloto con una inversión total de \$23,401,240, los cuales comprenden el valor del equipo a utilizar, el sistema de información, los costos de instalación, transporte y los honorarios de un profesional experto para el análisis de los resultados y la toma de decisiones durante el proceso.

Tabla 11 Matriz de Costos

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DURACIÓN (MESES)	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL
Lynks IOT CLIMA STANDARD	UND	-	1	\$6,021,540	\$6,021,540
Plan LYNKS BI SILVER anual/por punto: STANDARD	UND	-	1	\$784,700	\$784,700
Instalación de estaciones Lynks IOT CLIMA	UND	-	1	\$595,000	\$595,000
Transporte y viáticos al lugar de instalación	Transporte, alimentación	-	1	\$1,000,000	\$1,000,000
Profesional con experiencia en agricultura de precisión	Meses	6	1	\$2,500,000	\$15,000,000
TOTAL					\$23,401,240

Nota: Información tomados de la Cotización Lynks 2023

Contemplando que es necesario realizar una prueba piloto, como primer paso, para identificar los reales beneficios en la tecnología en el cultivo de tomate en invernadero, se debe considerar esta inversión inicial, como un aporte a la innovación para poder lograr y estimar apropiadamente el potencial y la definición del modelo de negocio adecuado. Al efectuar esta inversión, VECOL S.A sería pionera en la industria agrícola ya que, como se evidencia en el estudio, aún las compañías que entregan tecnología no tienen definidas las eficiencias y rendimientos que se alcanzan. De una manera conveniente tanto para VECOL S.A. y sus clientes, esta inversión puede resultar en una ganancia mutua, teniendo claro el potencial con base a los resultados de la prueba piloto. Uno de los grandes hitos a validar es la mejora en la calidad del tomate en invernadero y por ende el incremento en

ventas tanto para el cliente como para VECOL S.A (temperatura y humedad óptima y disminución en la incidencia de plagas y enfermedades).

Con la inversión de la prueba piloto, para este tipo de tecnologías de medición y control climático en el campo, se espera corroborar el impacto positivo en el medio ambiente, principalmente, por el uso eficiente del agua durante la producción de los cultivos y la reducción en la aplicación de productos químicos sobre el suelo. Con esto se logra transitar hacia la sostenibilidad promoviendo la seguridad alimentaria, el uso consciente de los recursos naturales en prácticas agrícolas, que minimicen la degradación ambiental y generen bienestar social en la región.

Conclusiones y Recomendaciones

1. Considerando las posibles tecnologías a implementar por parte de VECOL S.A., se identificaron diferentes tipos en el mercado, diseñadas principalmente para actividades de riego de productos y semillas, análisis de mapas espectrales como es el caso de los drones; este tipo de tecnología tiene una restricción para ser aplicados en cultivos bajo invernadero. Por otro lado, se encuentran los sensores y estaciones meteorológicas que permiten la medición de indicadores importantes en los procesos de los cultivos, los cuales conectados con softwares dan lugar a la obtención de análisis para la toma de decisiones en el campo. A diferencia de los drones, los sensores y las estaciones meteorológicas no tienen ninguna restricción para ser usados bajo condiciones de invernaderos.
2. A partir de la metodología planteada en el proceso de investigación, para la identificación de tecnología apropiada para VECOL S.A., se realizó un diagnóstico a los agricultores del cultivo de tomate, en donde se determinó que ellos conocen las herramientas, pero no las han usado, están dispuestos a invertir siempre y cuando les ayude a solucionar el impacto negativo como es el factor climático y su afectación en la variable del estrés fisiológico y que la recolección de información sea en tiempo real para tenerlo disponible en un dispositivo móvil.
3. Según la investigación, la tecnología más viable que se sugiere a VECOL S.A es la estación meteorológica *IOT CLIMA STANDARD*, para medir la temperatura, radiación solar y humedad relativa, las cuales se transmitirían en línea en los tableros de análisis de información para identificar las eficiencias del proceso. Esta se puede aplicar en el

cultivo de tomate o similares que estén bajo condiciones de invernadero, caso los cultivos en Fόμεque, controlando variables climáticas vitales para el crecimiento y desarrollo de la planta. Con esto se pretende obtener mayor calidad, aumento en el rendimiento de la producción y optimización de recursos que aporten a la sostenibilidad.

4. Como resultado de la investigación se propone a VECOL S.A realizar una prueba piloto utilizando estaciones meteorológicas, las cuales comprenden Sensores, *IOT* y Sistemas de información con el fin de obtener datos de rendimiento, calidad y optimización de insumos. Lo anterior se fundamenta a partir de que no existen datos y no han sido evaluados para el cultivo de tomate en el municipio de Fόμεque y en el país.
5. Se pueden considerar dos posibles modelos dependiendo de los resultados de la prueba piloto. El primer modelo es entregar a los clientes actuales de Vecol S. A. una propuesta de valor que incluye a la tecnología como palanca para lograr procesos eficientes y una mayor rentabilidad. El segundo modelo es no hacerlo exclusivo a los clientes de Vecol S.A, sino a todos los agricultores, por medio de una línea de negocio que ofrece tecnología. Para lo anterior también es importante tener en cuenta que Vecol S. A. puede comprar una tecnología y capacitarse en ella o puede aliarse con un proveedor que se encuentra en el país con el fin de poder suministrar los soportes técnicos necesarios.

Recomendaciones

Se debe tener en cuenta focalizar los estudios de implementación de tecnología debido a que la región está iniciando en estos procesos y todavía no se tiene información que permita tomar decisiones de inversión. Aunque existe información de tecnologías aplicadas en otros países, es recomendable identificar los impactos que esto pueda tener en las condiciones locales porque estas pueden diferir notablemente como son las condiciones agroecológicas y climáticas.

Con los resultados obtenidos se debe considerar una segunda etapa de parametrización de la información y de correlación en donde se evalúe la eficiencia y costos de la implementación de la tecnología.

Referencias

- Abdul Hafeez, Mohammed Aslam Husain, S.P. Singh, Anurag Chauhan, Mohd. Tauseef Khan, Navneet Kumar, Abhishek Chauhan, Implementation of drone technology for farm monitoring & pesticide spraying: A review, *Information Processing in Agriculture*, recuperado 27 de septiembre de 2022
- Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, M. Ayyash, Internet of things: a survey on enabling technologies, protocols, and applications, *IEEE Commun. Surv. Tutor* (4) (2015) 2347–2376. [14].
- Ayaz, M. Ammad-Uddin, Z. Sharif, A. Mansour, E.H.M. Aggoune, 2019. Internet-of Things (*IoT*)-based smart agriculture: toward making the fields talk, *IEEE Access* 7 129551–129583
- Berenson, M. L., Levine, D. M., Krehbiel, T. C. (2006). *ESTADISTICA PARA ADMINISTRACION*. México: Pearson Educación.
- BID LAB, 2019. *AG-TECH*. Mapa de la innovación Agtech en América latina y el Caribe.
- Birner, R., Daum. T, Pray C. (2020) Who drives the digital revolution in agriculture? A review of supply-side trends players and challenges. *Agricultural & Applied Economics Association (AAEA)*.
- Calderone, L., 2017. How Do Drones Help Farmers? *Agritechtomorrow*.
Agritechtomorrow.com. Disponible en:

<https://www.agritechtomorrow.com/article/2017/08/how-do-drones-help-farmers/10153/>.

Carranza, E., Vinasco, M., Mosquera, R. (2021). Alternativas de producción Agroecológica Urbana- Periurbana y su contribución en la seguridad alimentaria de Colombia. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD*.

DayDayNews. (2019), The global smart agriculture market will reach 15.3 billion US dollars, and the Chinese market is still in its infancy, 22 septiembre.

Economic Research Service, 2022. USDA Agricultural Projections to 2031. Tomado de: USDA ERS - Publications

EMIS (2021). Global Specialty Fertilizer Market 2022/2027. EMIS Insights Industry Report.

EMIS (2022). Latin America Agribusiness Sector 2022/2023. EMIS Insights Industry Report.

EMIS, 2022. Brazil Agribusiness Sector 2022/2023. EMIS Insights Industry Report.

García, E., Flego, F. 2008 Agricultura de precisión. Revista Ciencia y Tecnología. Vol 8. <https://www.palermo.edu/ingenieria/downloads/pdfwebc&T8/8CyT12.pdf>

Gobernación de Cundinamarca (2020). Plan departamental de extensión agropecuaria.

Hassija, V., Chamola, V., Saxena, V., Jain, D., Goyal, P., Sikdar, B., 2019. A survey on *IOT* security: application areas, security threats, and solution architectures. IEEE Access 7, 82 721–782 743

- Hrustek, L., 2020. Sustainability Driven by Agriculture through Digital Transformation, Sustainability. Interim Reference Guide to UN Country Teams. United Nation Development Group.
- Hernández Sampieri, R., Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill. <https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/?il=6443>
- Hernández, C., Carpio N. (2019) Introducción a los tipos de muestreo. Revista Científica de Instituto Nacional de Salud.
- Jaramillo N., J. E.; Rodríguez, V. P.; Guzmán, A. M.; Zapata C., M. A. y Rengifo, T. (2007). Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Medellín, Colombia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación –FAO–.
- Jaramillo J., Rodríguez P., (2013). Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Manual Corpoica., Ministerio de Agricultura.
- Keswani, B., 2019. Adapting weather conditions based *IoT* enabled smart irrigation technique in precision agriculture mechanisms, Neural Comput. Appl. 31 (1) 277–292.
- Khanal, S., Fulton, J., Shearer, S., 2017. An overview of current and potential applications of thermal remote sensing in precision agriculture. Comput. Electron. Agric. 139, 22-32

- Kovach, J., Petzoldt, C., Degnil, J., & Tette, J. (1992). A Method to Measure the Environmental Impact of Pesticides. New York's Food and Life Sciences Bulletin. (Vol. 139). Geneva, NY
- Lobo M. A. y Jaramillo V. J. (1984). Tomate. En: Hortalizas Manual de asistencia Técnica. Instituto Colombiano Agropecuario ICA
- Lunner-Kolstrup, C., Ssali, T.K., 2016. Awareness and need for knowledge of health and safety among dairy farmers interviewed in Uganda. *Frontiers in Public Health* 4, 1-10
- L. Atzori, A. Iera, G. Morabito, The Internet of things: a survey, *Comput. Netw.* 54 (15) (2010) 2787–2805.
- Market Research Future, 2022. Global Smart Irrigation Market Research Report Forecast 2027. Market Research Future.
- MarketLine (2022). Colombia In Depth PESTLE Insights. Country Profile Series.
- Mordor Intelligence, 2022. Global Specialty Fertilizer Market, del (2022-2027). Market Intelligence/Advisory.
- Munir, M. Bajwa, L., Cheema S., 2019. An intelligent and secure smart watering system using fuzzy logic and blockchain, *Comput. Electr. Eng.* 77 109– 119
- Murcia, J. (2022, 17 de agosto) Invensa lanzo APP para el manejo de plagas, enfermedades y malezas en los cultivos. Agronegocios.

<https://www.agronegocios.co/tecnologia/invesa-lanzo-app-para-el-manejo-de-plagas-enfermedades-y-malezas-en-los-cultivos-3426076>

NOURISH GROUP S.A.S (2023). Bases de datos de agricultores en Cundinamarca.

Obaideen, K., Yousef, A., Nooman, M., Chai, Y., Mahmoud, M., Jaber, H., Ramadan, M.,
2022. An Overview of Smart Irrigation Systems Using *IoT*. Energy Nexus. Vol 7.

Olabisi, O., & Nofiu, A. (2022). Principles for the production of tomatoes in the
greenhouse. IntechOpen. DOI: 10.5772/intechopen.106975

Ojeda, A. (2022). Plataforma Tecnológicas en la Agricultura 4.0: Una mirada al desarrollo
en Colombia. *Journal of Computer and Electronic Science, Theory and
Applications*.

Organización de las Naciones Unidas. Objetivos de Desarrollo Sostenible.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/economic-growth/>

O. Elijah, T.A. Rahman, I. Orikumhi, C.Y. Leow, M.H.D.N. Hindia, An overview of
Internet of things (*IoT*) and data analytics in agriculture: benefits and challenges,
IEEE Internet Things J. 5 (5) (2018) 3758–3773

Paucar L., Diaz A., Viani F., Robol F., Polo A., Massa A., 2015. Decision support for smart
irrigation by means of wireless distributed sensors, *IEEE 15th Mediterranean
Microwave Symposium (MMS)*, IEEE, 2015, pp. 1–4.

Perin et al. (2018). Solar radiation threshold and growth of mini tomato plants in mild
autumn/ winter condition. *Scientia Horticulturae*. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.05.037.

Pinguet, B., 2020. The Role of Drone Technology in Sustainable Agriculture.

Precisionag.com. Disponible en: <https://www.precisionag.com/in-fieldtechnologies/drones-uavs/the-role-of-drone-technology-in-sustainableagriculture/>.

Precisagro S.A.S <https://www.precisagro.com/agritecgeo-storytelling>

Rambauth – Ibarra, G. 2021. Agricultura de Precisión: La integración de las TIC en la producción Agrícola. Universidad de Sucre, Sincelejo (Colombia) DOI:

10.17981/cesta.03.01.2022.04.

Ramirez, S., Hurtado, M. 2018. Consultoría empresarial. Ediciones de la U. Bogotá, Colombia.

Romero-Riaño, E., Galeano-Barrera, C., Guerrero, C. D., Martínez-Toro, M., & Rico-Bautista, D. (2022). *IoT* applied to irrigation systems in agriculture: A usability analysis. *Revista Colombiana De Computacion*, 23(1), 44-52.

doi:10.29375/25392115.4483

Salvi, S., 2017. Cloud based data analysis and monitoring of smart multi-level irrigation system using *IoT*, in: 2017 International Conference on I-SMAC (*IoT* in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC), IEEE, pp. 752–757.

Santana, C., Carrillo I., 2022. Agricultura de precisión aplicada en el departamento de Cundinamarca con el uso de tecnologías *Deep Learning*. Universidad de Cundinamarca.

Sectorial (2021). Informe Sector Agroquímico. Sectorial, Informas Sectorial.

Shalimov A. 2023. *IoT* in Agriculture: 9 Technology use. Eastern Peak. Disponible en: [IoT in Agriculture: 9 Technology Use Cases for Smart Farming \(and Challenges to Consider\) \(easternpeak.com\)](https://www.easternpeak.com/2023/02/09/9-technology-use-cases-for-smart-farming/)

Solemane C, Bernard K, Dantouma K, Daouda T, Deep *learning* for precision agriculture: A bibliometric analysis, Intelligent Systems with Applications, Volume 16, 2022, 200102, ISSN 2667-3053, recuperado de: (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667305322000400>)

Sotomayor, O., Ramirez, E., Martinez H., 2021. Digitalización y cambio tecnológico en las mypimes agrícolas y agroindustriales en América Latina. Naciones Unidas

Superintendencia de Industria y Comercio 2021., Inteligencia artificial y robótica, el futuro del campo en Colombia.

Swanson, D., 2015. Mainstreaming the 2030 Agenda for Sustainable Development.

Tanaka, M.

Tovar J., Solórzano, J., Badillo, R., Rodriguez, C. 2019. Internet de las cosas aplicado a la agricultura: estado actual. DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.325>

Tredov, N., Varas, S., Zeng M., 2019. Tecnologías Digitales en la Agricultura y las zonas rurales. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.

VECOL S.A., 2021 Informe de Gestión año 2021, página web oficial VECOL S.A

<https://www.VECOL.com.co/wp-content/uploads/2022/03/Informe-de-Gestion-VECOL-2021.pdf>

Venkatesan, R., Kathrine, G.J.W., Ramalakshmi, K., 2018. Internet of things-based pest management using natural pesticides for small scale organic gardens. *J. Comput. Theor. Nanosci.* 15 (9–10), 2742–2747

X. Feng, F. Yan, X. Liu, Study of wireless communication technologies on Internet of things for precision agriculture, *Wirel. Personal Commun.* 108 (3) (2019) 1785–1802

Villanueva D., (2018). Estudios sobre Bioeconomía, Análisis de la situación y recomendaciones de política de bioeconomía.

Y. Bouzemrak, M. Kluche, A. Gavai, H.J.P. Marvin, Internet of things in food safety: literature review and a bibliometric analysis, *Trends Food Sci. Technol.* 94 (2019) 54–64, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.002>