

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS
VICERECTORÍA ACADÉMICA

CARRERA DE COMERCIO INTERNACIONAL

TÍTULO

**ESTUDIO DEL PROCESO FACILITADOR PARA LOS
EXPORTADORES MEDIANTE EL USO DE IOT EN EL SECTOR
DE TUBÉRCULOS DE LA ZONA HUETAR NORTE DURANTE
EL PERIODO DEL 2024**

**MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIATURA EN COMERCIO INTERNACIONAL CON
ÉNFASIS EN GESTIÓN ADUANERA**

AUTOR:

JORGE DANIEL BADILLA CASTILLO

TUTOR:

FERNELLI FALLAS CERDAS

SAN JOSÉ, DICIEMBRE, 2024

Tabla de contenido

Dedicatoria	9
Agradecimientos.....	10
Resumen Ejecutivo.....	11
CAPÍTULO I: PROBLEMA	12
Justificación.....	13
Objetivos	15
Objetivo General.....	15
Objetivos específicos	15
Antecedentes	15
Tesis Internacionales	15
Tesis Nacionales	19
Proyecciones.....	23
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	24
Exportaciones agrícolas en Costa Rica	24
Modelo agroexportador	24
Modelo de sustitución de importaciones	26
Modelo de apertura e inserción en la economía internacional	27
Exportación de tubérculos en Costa Rica.....	29
Generación de empleo	31
Contribución al PIB.....	33
Principales mercados de exportación	34
Identificación de mercados clave	36
Tendencias de demanda.....	38
Retos en la exportación	42
Cumplimiento de estándares internacionales	43
Infraestructura logística y transporte	46
Competencia en el mercado global.....	47
Fluctuaciones en la demanda y los precios.....	48
Acceso limitado a tecnología e innovación	50
El internet de las cosas (IoT) en la agricultura.....	51

Principales aplicaciones del IoT en la agricultura.....	53
Plataformas	53
Redes	54
Sensores	55
Drones.....	57
Riego automatizado	59
Seguimiento y trazabilidad	60
Futuro del IoT en la agricultura.....	62
Desafíos del IoT en la agricultura	67
Desafíos de conectividad.....	68
Desafíos de infraestructura adecuada	70
Desafíos de costos de implementación.....	72
Desafíos de necesidad de capacitación para los agricultores	74
Desafíos de necesidad de ciberseguridad	76
Desafíos de formación en el uso de nuevas tecnologías.....	79
Zona Huetar Norte.....	81
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	88
Enfoque cualitativo	88
Fenomenología Empírica.....	89
Población y muestra	89
Población	89
Muestra	90
Unidades de Análisis.....	93
Instrumento.....	96
Cuestionario.....	96
Entrevistas	96
Proceso de recolección de datos.....	97
Fuentes de Información.....	98
Fuente Primaria.....	98
Fuente Secundaria.....	99
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS	100

Unidad de análisis 1: Procesos	101
Categoría 1: Componentes.....	102
Descripción	102
Análisis	103
Categoría 2: Cadena suministro.....	104
Descripción	104
Análisis	105
Categoría 3: Monitoreo.....	106
Descripción	106
Análisis	107
Categoría 4: Logística.....	108
Descripción	108
Análisis	110
Categoría 5: Adopción IoT	110
Descripción	110
Análisis	112
Unidad de análisis 2: Desafíos	113
Categoría 1: Barreras económicas	113
Descripción	113
Análisis	115
Categoría 2: Seguridad	116
Descripción	116
Análisis	118
Categoría 3: Proveedores.....	120
Descripción	120
Análisis	122
Categoría 4: Capacitación.....	123
Descripción	123
Análisis	125
Categoría 5: Resistencia	126
Descripción	126

Análisis	128
Unidad de análisis 3: Beneficios	129
Categoría 1: Trazabilidad	129
Descripción	129
Análisis	131
Categoría 2: Reducción pérdidas	132
Descripción	132
Análisis	134
Categoría 3: Competitividad	135
Descripción	135
Análisis	137
Categoría 4: Toma decisiones	138
Descripción	138
Análisis	139
Categoría 5: Clientes	140
Descripción	140
Análisis	142
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	144
Conclusiones	144
Recomendaciones	146
CAPÍTULO VI: PROPUESTA	151
Objetivo general	151
Objetivos específicos	151
Perspectiva teórica	151
Propuesta	152
Factibilidad	152
Estructura de la página web (requisitos/elementos)	153
Recursos	154
Cronograma de aplicación	154
Evaluación de resultados	154
Referencias	155

Apéndice.....166

Anexos..... **¡Error! Marcador no definido.**

Ilustraciones

Ilustración 1: Suelos fértiles aptos para la siembra de papa en Costa Rica	29
Ilustración 2: Aporca de yuca en suelos fértiles costarricenses	31
Ilustración 3: Participación de mujeres en la agricultura	32
Ilustración 4: Principales destinos de exportación de tubérculos costarricenses	35
Ilustración 5: Elementos nutricionales presentes en un tubérculo de papa	41
Ilustración 6: Embalaje de tubérculos para exportar	44
Ilustración 7: Reglamentos de calidad según el calibre del tubérculo	45
Ilustración 8: Planta de tubérculos con plaga de mosca.....	45
Ilustración 9: Fluctuación del precio de la papa.....	49
Ilustración 10: Redes de IoT para la agricultura	54
Ilustración 11: Sensores DHT22	56
Ilustración 12: Drones y controladores biológicos en la agricultura.....	59
Ilustración 13: Sistema de riego controlado desde celular, tablet o computadora	60
Ilustración 14: Proceso de trazabilidad de los productos con sistemas de IoT	62
Ilustración 15: Tractor autónomo de IoT	67
Ilustración 16: Método de agricultura tradicional en la Zona Huetar Norte	71
Ilustración 17: Ejemplo de IoT en la agricultura mediante drones de última tecnología.....	73
Ilustración 18: Área geográfica de la Región Huetar Norte.....	82
Ilustración 19: Variedad de yuca Valencia para la exportación.....	84
Ilustración 20: Variedad de yuca Señorita plantada.....	85
Ilustración 21: Intervalos de duración de cada fase en la región productiva de Huetar Norte.....	86
Ilustración 22: Página de inicio del recurso web.....	153
Ilustración 23: Espacio para consultas y opiniones del recurso web	154

Tablas

Tabla 1: Muestra.....91

Tabla 2: Unidades de análisis.....94

Tabla 3. Unidades y categorías de análisis.....100

Dedicatoria

Principalmente a Dios, por brindarme la sabiduría, salud y fuerza para llegar hasta aquí, por nunca abandonarme en los momentos donde pensé que no lo iba a lograr.

Dedico mi trabajo también a mi madre Zoila Castillo, por ser mi ejemplo de dedicación y amor incondicional, por siempre creer en mí y por darme las herramientas para seguir adelante. A mi papá Orlando Salazar por su apoyo siempre, por su sabiduría y por estar ahí para darme los consejos más apropiados siempre que los necesito.

Dedico este trabajo con todo mi amor a mi compañera de vida, Sara Membreño, por ser mi fuente constante de apoyo, amor y fortaleza en todo el proceso de mis estudios.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental en la realización de este trabajo, ya que todos ellos han sido mis pilares en este proceso. Primeramente, a Dios, por siempre estar presente, dándome la fortaleza, paciencia y claridad necesarias para concluir este proyecto.

Además, a mi mamá Zoila Castillo, por su amor y apoyo constantes. Gracias por ser mi mayor motivadora, por siempre estar a mi lado en cada paso y por enseñarme la importancia del esfuerzo y la dedicación. A mi papá Orlando Salazar, por su orientación y apoyo incondicional. Gracias por brindarme todo lo que necesito para seguir adelante y por ser mi gran fuente de inspiración.

A Sara Membreño, por su apoyo inquebrantable, por ser mi compañera y mi mayor apoyo en todo momento. Gracias por tu paciencia, comprensión y amor, sobre todo, por mostrarme que a pesar de las dificultades juntos podemos salir adelante.

Gracias a todos ustedes, porque sin su apoyo, este logro no habría sido posible.

Resumen Ejecutivo

El proyecto de investigación titulado “Estudio del proceso facilitador de los exportadores mediante el uso de IoT para el sector de tubérculos de la Zona Huetar Norte durante el periodo del 2024” tiene como propósito analizar cómo el Internet de las Cosas (IoT) contribuye a mejorar los procesos de exportación en este sector productivo, aportando eficiencia, trazabilidad y mayor control sobre las condiciones que afectan la calidad del producto durante toda la cadena de suministro.

La investigación se desarrolla bajo un enfoque cualitativo de fenomenología empírica, para comprender las experiencias vividas por los productores en relación con el uso del IoT. La muestra está compuesta por exportadores de tubérculos de la Zona Huetar Norte; para la recolección de información se aplican entrevistas y cuestionarios con preguntas abiertas, esta metodología permite explorar con profundidad las percepciones, retos y beneficios que los participantes han experimentado al incorporar tecnologías IoT en la cadena de exportación.

Los principales hallazgos indican que el IoT mejora la trazabilidad, el control de temperatura y humedad, y facilita la logística en tiempo real, reduciendo pérdidas y mejorando la calidad del producto, lo cual aumenta la competitividad del sector y fortalece la confianza en el mercado internacional. Sin embargo, persisten barreras como los altos costos, la falta de capacitación, limitaciones en conectividad y la resistencia al cambio, especialmente en las pequeñas y medianas empresas. Además, la falta de ciberseguridad y el soporte técnico deficiente afectan la sostenibilidad de estas tecnologías.

A pesar de los desafíos, el IoT ha transformado la toma de decisiones en las actividades agrícolas, porque admite una gestión más precisa de las condiciones de clima, suelo y transporte, esto mejora la eficiencia operativa, aumenta la rentabilidad de los productores y garantiza productos de mejor calidad para los consumidores internacionales. Finalmente, se concluye que el IoT es clave para modernizar los procesos de exportación de tubérculos, reduciendo riesgos en la cadena de suministro y beneficiando a los productores y a los consumidores.

CAPÍTULO I: PROBLEMA

En Costa Rica, el sector de tubérculos representa una parte considerable de la agricultura, pero enfrenta dificultades relacionados con la eficiencia y la competitividad en el mercado internacional. Los exportadores muy seguidos se encuentran con barreras logísticas y operativas que dificultan el manejo adecuado. Estos factores impactan en la calidad y los tiempos de entrega para poder reaccionar a las órdenes, lo cual es importante en el mercado internacional para poder diferenciarse.

El uso de tecnologías como el Internet de las Cosas podría ofrecer diferentes alternativas para mejorar los procesos desde la producción hasta la entrega final. Sin embargo, la implementación de IoT en el sector de tubérculos sería un proceso tardado, principalmente debido a la falta de conocimiento y recursos entre los pequeños y medianos exportadores. Esta falta de adaptación tecnológica impide que los exportadores aprovechen al cien por ciento las oportunidades que ofrece la actualización de las operaciones.

Además, la integración de IoT en la cadena de suministro podría mejorar significativamente la logística y el control de calidad de los productos. No obstante, la implementación de estas tecnologías requiere tanto una investigación para aplicarlos, como además posiblemente un costo elevado y un cambio en las prácticas comunes, lo que representa dificultades para muchos agricultores del sector. Sin un enfoque claro y un apoyo adecuado, los beneficios potenciales permanecen inalcanzables.

La falta de conocimiento e interés por estas implementaciones nuevas no es muy resonada, la falta de infraestructura adecuada y de políticas de apoyo para facilitar la adopción de IoT también contribuye a la lenta evolución hacia procesos más efectivos. En algunos casos, los exportadores no cuentan con el acceso a redes de comunicaciones que crean confiables y eficientes para implementar estas tecnológicas. Por ende, el sector continúa operando bajo métodos tradicionales que limitan la mejora en la calidad.

Por otro lado, la volatilidad en la producción y exportaciones de tubérculos aumenta debido a los efectos climáticos y fluctuaciones en los mercados internacionales. Estas variables externas muestran la importancia de tener instrumentos que brinden datos en tiempo real para tomar decisiones acertadas. La falta de estas herramientas pone en peligro a los exportadores ante cualquier cambio imprevisto que se presente desde el momento de producción hasta la entrega final.

Por último, para fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico en el sector, es importante crear un entorno colaborativo entre el Gobierno, las instituciones educativas y el sector privado. Es improbable que los exportadores de tubérculos en Costa Rica puedan superar los desafíos actuales y mejorar su competitividad en el mercado internacional si no trabajan juntos. Por lo tanto, se establece la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo ha podido el uso de IoT facilitar el proceso de exportación en el sector de los tubérculos de la Zona Huetar Norte durante el periodo del 2024?

Justificación

Esta investigación contribuye al fortalecimiento de la competitividad del sector de tubérculos en Costa Rica, identificando el potencial del IoT y evaluando su viabilidad para mejorar la logística de exportación. Los exportadores enfrentan desafíos importantes para cumplir con los estrictos estándares de calidad y los tiempos de entrega exigidos por los mercados internacionales, lo que afecta su rentabilidad. Este estudio ofrece una base para la implementación del IoT, destacando cómo estas tecnologías pueden optimizar procesos, reducir costos y mejorar la competitividad en esta zona.

El sector de los tubérculos refleja un avance limitado en la adopción de nuevas tecnologías, lo cual puede atribuirse a la falta de acceso o tiempo por parte de pequeñas y medianas empresas para implementar estas innovaciones, esto pone de manifiesto la necesidad de investigar las barreras que dificultan la digitalización en este ámbito. Esta investigación busca ofrecer una perspectiva más amplia sobre las dinámicas que obstaculizan una transición hacia procesos tecnológicos avanzados, contribuyendo así a mejorar la rentabilidad y la competitividad del sector.

Si las empresas no logran implementar tecnologías como el Internet de las Cosas, corren el riesgo de quedarse rezagadas en un entorno internacional cada vez más exigente. Por ello, esta investigación busca identificar los desafíos actuales y ofrecer recomendaciones para que los exportadores puedan superar estas barreras. El presente estudio es crucial para reducir problemas relacionados con la calidad y los tiempos de entrega, ayudando así a mantener la competitividad que distingue al país en el mercado internacional.

El valor principal de esta investigación radica en la creación de un modelo innovador para aplicarse a áreas agrícolas de Costa Rica. Al analizar la implementación de estas tecnologías y las mejoras en los procesos, se establecerá una base para futuras estrategias de modernización en distintos sectores. Esto se debe a que elementos como la facilidad de operación, el control de calidad y la optimización logística son fundamentales para el sector de los tubérculos y pueden beneficiar a diversas empresas que deseen adoptarlos.

En un entorno altamente competitivo y con riesgos como el cambio climático y las fluctuaciones del mercado internacional, surge la necesidad de herramientas tecnológicas que apoyen a los productores en la toma de decisiones en tiempo real. El uso del IoT permite obtener datos precisos tanto de la producción como de la logística, lo cual es crucial para reducir errores y aumentar la eficiencia. Esta investigación busca resaltar el impacto positivo de estas tecnologías en la planificación y gestión del negocio de tubérculos, optimizando procesos y fortaleciendo la capacidad de respuesta de los productores.

Se espera que el estudio impulse la colaboración entre el sector privado y las instituciones educativas, promoviendo la innovación en la agricultura, una actividad clave para la economía costarricense. Sin una alianza sólida que respalde la adopción de tecnologías, es poco probable que los exportadores puedan acceder a las herramientas necesarias para mejorar su competitividad. Por lo tanto, se busca sentar las bases para una futura digitalización del sector agrícola, brindando una ventaja competitiva a los tubérculos de Costa Rica en el mercado internacional.

Objetivos

Objetivo General

Analizar el uso del Internet de las cosas (IoT) para los procesos de exportación de tubérculos en la Zona Huetaar Norte durante el periodo del 2024.

Objetivos Específicos

Estudiar la incorporación de los procesos IoT en la cadena de suministros de las empresas exportadoras de tubérculos en la Zona Huetaar Norte.

Identificar los desafíos de la implementación de la IoT en los procesos de exportación de tubérculos en la Zona Huetaar Norte.

Evaluar los posibles beneficios de la integración de IoT para los exportadores de tubérculos en la Zona Huetaar Norte.

Desarrollar una página web informativa como apoyo a las empresas exportadoras de tubérculos, para las mejoras logísticas con la aplicación de la IoT.

Antecedentes

Tesis Internacionales

La primera tesis internacional consultada es la de Cabanillas-Mostacero, Murillo Jarama (2023), con el tema “Intención de uso de tecnologías de la Industria 4.0 entre las pymes agroexportadoras peruanas, utilizando el modelo TAM”. Esta tesis fue elaborada para la Universidad de Lima con el fin de optar por el grado académico de Licenciatura en Negocios Internacionales. La investigación aborda cómo las pymes agroexportadoras perciben la adopción

de estas tecnologías y analiza los factores que influyen en su disposición a implementarlas en sus procesos productivos y comerciales.

El Objetivo General de esta investigación es analizar la relación entre la facilidad de uso (FUP), actitud frente al uso (AUT) y utilidad percibida (UP) en la intención de utilizar tecnologías de la Industria 4.0 en las pequeñas y medianas empresas agroexportadoras peruanas, según el modelo TAM. Los Objetivos Específicos incluyen: analizar la influencia de FUP sobre UP, la relación entre FUP y AUT, la relación entre UP y AUT, y cómo AUT y UP impactan la intención conductual (IUT) de uso de estas tecnologías.

La metodología que se emplea es la cualitativa, la cual, mediante el uso de los siguientes instrumentos: cuestionario, procura encontrar respuesta al problema de investigación. Se obtiene la siguiente conclusión dando respuesta al objeto de estudio de la investigación, cuando el autor indica que, actualmente, diversas empresas agroexportadoras están haciendo uso de tecnologías de la Industria 4.0, lo cual les permite contar con información dentro de la cadena de proceso, precio de los productos, estado del tiempo e incrementa la comunicación entre áreas de acuerdo con lo investigado.

Para lo anterior se recomienda que el Estado peruano debería brindar apoyo a las pymes agroexportadoras peruanas, a fin de que puedan implementar tecnologías de la Industria 4.0, generando concursos en donde se puedan crear nuevas herramientas de este tipo que sean sostenibles, aumenten la productividad y tengan bajos costos; además pueden buscar la manera de que sean fáciles de usar para eliminar el problema de la falta de capacitación y conocimiento por parte de los trabajadores.

La segunda tesis internacional consultada es la de Lino (2023) con el tema “Sistema de monitoreo de ambiente para el control de las condiciones ambientales de las granjas acuícolas de la selva del Perú basado en internet de las cosas”, la realiza para la Universidad de Lima y opta por el grado académico de Ingeniero de Sistemas.

De esta investigación se desprende el siguiente Objetivo General: Desarrollar el software y hardware de un sistema de monitoreo y control de ambiente que permita medir las condiciones ambientales de las granjas acuícolas de la zona oriental del Perú, y los siguientes Objetivos Específicos: Identificar las condiciones ambientales y de red de la selva peruana para el correcto despliegue del sistema, Plantear un diseño del dispositivo acorde a las condiciones ambientales y de red de la selva peruana, Implementar el software y hardware del dispositivo considerando un ambiente de producción real ubicado la selva peruana.

La metodología empleada es cuantitativa y utiliza instrumentos como sensores de oxígeno y temperatura para encontrar respuestas al problema de investigación. Estos instrumentos permiten obtener datos precisos y en tiempo real, lo que facilita el análisis de las condiciones del entorno. Con esta información, se busca proponer soluciones efectivas y optimizar los procesos estudiados.

La conclusión obtenida responde al objeto de estudio de la investigación, el sistema desarrollado permite a los productores mantener un control continuo de las condiciones de su producción, tanto de forma local como remota. Además, ofrece la posibilidad de almacenar información para realizar análisis posteriores que optimicen las herramientas de toma de decisiones. Se recomienda ampliar el periodo de medición a una cosecha completa (aproximadamente cuatro meses) para obtener datos más representativos. Asimismo, el dispositivo implementado demuestra ser capaz de monitorear las condiciones ambientales las 24 horas del día.

La tercera tesis internacional consultada es la de Charca (2023) con el tema “Diseño e implementación de un sistema en tiempo real basado en internet de las cosas para el monitoreo de concentración de nutrientes (nitrógeno, fosforo y potasio) y PH en el suelo”, la realiza para la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa y opta por el grado académico de Ingeniero Electrónico.

El Objetivo Geneal de esta investigación es crear e implementar un sistema en tiempo real utilizando Internet de las Cosas (IoT) para monitorear la concentración de nutrientes (N, P y K) y el pH en el suelo agrícola. Los Objetivos Específicos son: medir los niveles de nutrientes (N, P, K) y pH en el suelo del cultivo; diseñar e implementar el prototipo de la arquitectura del nodo sensor

y el nodo *gateway* de la red IoT; y desarrollar una plataforma de monitoreo en tiempo real para facilitar el control y análisis de los datos.

La metodología empleada en esta investigación es de enfoque cuantitativo, utilizando un sistema de monitoreo basado en el protocolo LoRa, con conexión punto a punto (P2P) y una topología en estrella, con el objetivo de encontrar respuestas al problema de investigación y optimizar los procesos agrícolas.

La investigación concluye que el sistema propuesto responde al objeto de estudio, al no requerir configuración inicial en la instalación, una ventaja clave es el ahorro de energía en los nodos sensores. Además, se presenta una plataforma web basada en código abierto, que permite almacenar y organizar datos provenientes de los sensores, creando datos históricos para su visualización. La conexión entre los nodos y la puerta de enlace utiliza el protocolo LoRa con conexión punto a punto. Por lo tanto, se recomienda aplicar este método por sus múltiples beneficios en eficiencia y gestión de datos.

La cuarta tesis internacional consultada es la de Morales (2022), con el tema “Diseño de una red de sensores inalámbrica (WSN) con internet de las cosas (IoT) implementado en un cultivo de invernadero”. Este trabajo lo realiza para la Universidad Nacional Autónoma de México para optar por el grado académico de ingeniero en telecomunicaciones, sistemas y electrónica.

La investigación tiene como Objetivo General diseñar una red inalámbrica de sensores para el monitoreo de variables climáticas en un cultivo de invernadero. Los Objetivos Específicos son: Diseñar un nodo sensor que lea las principales variables climáticas dentro del invernadero; definir una estación base (Gateway) con acceso a internet mediante una red WIFI; establecer un sistema de comunicación inalámbrico entre ambas estaciones; almacenar los datos en una base de datos en línea y procesarlos para futuras aplicaciones; y determinar los costos asociados a la elaboración del sistema.

La metodología que se emplea es la cuantitativa, la cual, mediante el uso de los siguientes instrumentos: proporcionan los fundamentos de la comunicación inalámbrica y los tipos de redes,

se muestra lo que es una red inalámbrica de sensores y su relación con el internet de las cosas en la agricultura, procura encontrar respuesta al problema de investigación.

La conclusión de dicho estudio indica que los sensores permiten visualizar la humedad y temperatura en el invernadero, facilitando medidas preventivas según las necesidades del cultivo. Se recomienda mejorar el sistema añadiendo sensores de dióxido de carbono y radiación térmica, y usar celdas fotovoltaicas con baterías para alimentar el sistema en invernaderos sin acceso a energía eléctrica.

Tesis Nacionales

La primera tesis nacional consultada es la de Bastos-Stephens, Joaquín-Cerda López-Guerrero y Córdoba Retana (2022), titulada “Transformación de la agricultura mediante la implementación y uso del Internet de las Cosas en Costa Rica”. Esta investigación fue desarrollada para la Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología y aborda el impacto de las nuevas tecnologías en el sector agrícola del país. En particular, analiza cómo la adopción del Internet de las Cosas (IoT) puede optimizar los procesos productivos, mejorar la eficiencia en el uso de los recursos y contribuir a la sostenibilidad del sector.

El Objetivo General de esta investigación es evaluar cómo el Internet de las Cosas (IoT) beneficia al sector agrícola en Costa Rica. Los Objetivos Específicos incluyen: analizar cómo los invernaderos inteligentes mejoran la calidad y cantidad de cultivos, valorar el monitoreo climático con sensores remotos para tomar decisiones, evaluar el uso de sensores y drones en la optimización de la producción, y estudiar casos de éxito del IoT en la agricultura. Además, se busca identificar cómo el IoT optimiza las operaciones agrícolas y mejora la eficiencia y el rendimiento de los agricultores.

La metodología utilizada es cualitativa y para la recolección de datos se emplea un cuestionario de preguntas cerradas con opciones de respuesta predefinidas, dirigido a expertos en el tema de estudio. Según Hernández et al. (2018), este enfoque permite obtener respuestas que ayuden a abordar el problema de investigación de manera precisa.

La investigación concluye que la implementación del IoT en la agricultura de Costa Rica tiene el potencial de mejorar la eficiencia y calidad de la producción. Aunque el IoT es conocido, hay poca información sobre proyectos específicos en el sector. La combinación de tecnologías como drones y sensores puede modernizar la agricultura, pero se necesita un enfoque integral que incluya automatización y análisis de datos. Se recomienda desarrollar un sistema integrado que considere todos los factores que afectan la productividad y promover la educación sobre tecnologías aplicadas, así como prácticas de agricultura inteligente para mejorar la competitividad.

La Segunda tesis Nacional consultada es la de Jiménez (2024) con el tema “Diseño de dispositivos IOT de censado para cuidado óptimo de plantaciones de cacao”. Este trabajo lo lleva a cabo para la Universidad internacional de las Américas, para optar por el grado académico de bachillerato. La investigación se enfoca en el diseño y la implementación de dispositivos basados en IoT que permiten monitorear en tiempo real las condiciones de las plantaciones de cacao, como la humedad, temperatura y calidad del suelo.

El Objetivo General es diseñar un dispositivo basado en IoT para monitorear los parámetros climáticos que afectan el crecimiento de las plantas. Los Objetivos Específicos incluyen: utilizar conocimientos de electricidad y sensores para prevenir enfermedades, esquematizar una plataforma de comunicación para transmitir datos sobre las plantas, garantizar la resistencia del dispositivo a las condiciones del campo, investigar los parámetros necesarios para un crecimiento sano y hacer un análisis económico de su construcción.

La metodología que se emplea es la cualitativa, la cual, mediante el uso de los siguientes instrumentos: La recolección de datos se da en línea, utilizando el motor de búsqueda de Google introduciendo palabras clave como IOT, cultivo, monitoreo y escogiendo páginas con validez y fuentes presentes en las mismas, procura encontrar respuesta al problema de investigación.

La conclusión de la investigación responde al objeto de estudio al señalar que la implementación de dispositivos IoT para monitorear cultivos de cacao es viable, ya que permite generar alertas tempranas sobre condiciones adversas. Se identificaron sensores adecuados y se

diseñó un sistema que facilita la comunicación entre dispositivos, optimizando así la recolección de datos.

El análisis económico indica que el costo por dispositivo es accesible para un agricultor promedio, lo que podría mejorar significativamente la producción a largo plazo. Se recomienda implementar el dispositivo para evaluar su conectividad en entornos rurales y adaptarlo a otros cultivos. También, se sugiere desarrollar una versión avanzada que incluya actuadores para automatizar el riego al detectar falta de humedad. Además, es esencial actualizar componentes como baterías y paneles solares para optimizar la eficiencia y prolongar la vida útil del proyecto.

La tercera tesis nacional consultada es la de Elizondo (2022), con el tema “Estudio logístico de exportación del sector de tubérculos, producto yuca de la zona de huetar norte hacia el mercado de miami en el primer semestre del 2022”, la realiza para la Universidad Internacional de las Américas y opta por el grado académico de Bachillerato en Comercio Internacional. El estudio analiza de manera detallada los procesos logísticos involucrados en la exportación de yuca, abarcando desde la recolección y preparación del producto hasta su transporte y distribución en el mercado de destino.

El Objetivo General de la investigación es estudiar la logística de exportación de yuca desde la Zona Huetar Norte hacia el mercado de Miami en el primer semestre del 2022. Los Objetivos Específicos incluyen: explicar la tramitología necesaria para la exportación e ingreso de yuca al mercado de Miami, investigar el proceso logístico requerido para la exportación, y proponer una herramienta digital para pequeños y medianos productores de yuca que minimice la participación de intermediarios en la cadena hacia el mercado de Miami.

La metodología empleada en esta investigación es de tipo cualitativa, con el objetivo de explorar en profundidad el problema planteado. Para ello, se utiliza un cuestionario compuesto por preguntas abiertas, el cual permite obtener información detallada y perspectivas diversas sobre el tema en estudio. Este enfoque se seleccionó con el fin de comprender de manera más amplia las opiniones y experiencias de los participantes, lo que facilita una interpretación más rica y contextualizada de los datos recolectados.

Se concluye que la exportación de yuca de Costa Rica a EE. UU. enfrenta retos relacionados con los requisitos aduanales y la infraestructura portuaria. Aunque se han logrado avances en la agilización de procesos, es necesario automatizar la revisión de notas técnicas y optimizar la logística para preservar la calidad del producto. Para mejorar la competitividad, se recomienda al Ministerio de Hacienda mejorar el sistema TICA y que los exportadores diversifiquen sus proveedores y operadores logísticos. Además, se sugiere contratar seguros de carga y aplicar una logística flexible que garantice la calidad durante el transporte.

La cuarta tesis nacional consultada es la del autor Alfaro (2021), con el tema “Estudio de la aplicación del internet de las cosas (IDC) en las exportaciones del sector azucarero costarricense para el 2020”. Este trabajo lo realiza para la Universidad Internacional de las Américas y opta por el grado académico de bachillerato en comercio internacional. La investigación se centra en analizar cómo la implementación del IoT puede mejorar los procesos de exportación en el sector azucarero, optimizando aspectos como el control de calidad, la trazabilidad de los productos y la eficiencia logística.

De esta investigación se desprende el siguiente Objetivo General: estudiar la aplicación del Internet de las Cosas (IdC) en las exportaciones del sector azucarero costarricense para el 2020, y los siguientes Objetivos Específicos: investigar las iniciativas que existen en Costa Rica para la implementación del Internet de las Cosas (IdC) en el sector azucarero, determinar las principales barreras para la implementación del Internet de las Cosas (IdC) en la producción del sector azucarero costarricense, y, explicar los posibles efectos de la implementación del Internet de las Cosas (IdC) en las exportaciones del azúcar desde Costa Rica.

La metodología empleada en esta investigación es de tipo cualitativa, orientada a comprender los aspectos del problema en profundidad. Para ello, se utiliza un cuestionario como principal herramienta de recolección de datos, este instrumento permitió obtener información detallada a través de preguntas abiertas, facilitando la exploración de las percepciones y experiencias de los participantes.

La investigación concluye que el sector azucarero en Costa Rica enfrenta obstáculos como la falta de conocimiento, altos costos y problemas de conectividad para implementar el IoT. Se recomienda mejorar el acceso a internet y capacitar a los productores. Invertir en investigación es esencial para innovar y mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la producción. Se sugiere a Procomer y al MAG promover proyectos que integren el sector agroindustrial, además de realizar capacitaciones en zonas rurales y mejorar la conectividad. También se proponen alianzas con universidades y financiamiento accesible para adquirir tecnología.

Proyecciones

Se estudiará cómo los procesos de IoT se incorporan en la cadena de suministros de las empresas exportadoras de tubérculos en la Zona Huetar Norte. Se investigará de qué manera esta tecnología podría contribuir a la optimización de procesos, desde la producción hasta la comercialización, y cómo el monitoreo en tiempo real influiría en la calidad y frescura de los productos. Además, se explorará si la gestión de recursos puede volverse más eficiente y qué factores podrían influir en su adopción.

Se realizará una identificación los principales desafíos que podrían surgir con la implementación de IoT en la exportación de tubérculos en la Zona Huetar Norte. Se examinarán aspectos como la infraestructura tecnológica disponible, las posibles limitaciones en la conectividad, especialmente en zonas rurales, y la necesidad de capacitación del personal. También se analizarán los recursos y estrategias que podrían facilitar la adopción efectiva de esta tecnología en el sector.

Se proyecta evaluar los beneficios potenciales que la integración de IoT podría generar en los procesos de exportación de tubérculos en la Zona Huetar Norte. Se analizarán aspectos como la eficiencia operativa, la reducción de costos y tiempos en la gestión de la cadena de suministro, así como el impacto en la disminución de pérdidas. Además, se estudiará en qué medida el uso de IoT podría fortalecer la competitividad de los exportadores en mercados internacionales.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Exportaciones Agrícolas en Costa Rica

Las exportaciones agrícolas son productos cultivados localmente, como frutas, verduras, cereales y tubérculos, que se venden en mercados internacionales en lugar de consumirse de forma local. Este comercio fomenta relaciones con otros países y aporta importantes ingresos económicos. Además, representan un pilar clave en la economía al generar empleo en zonas rurales, donde se encuentran las fincas y plantaciones. La exportación requiere de trabajadores que se dediquen a sembrar, cuidar, cosechar y procesar estos productos, fortaleciendo así el desarrollo de estas comunidades y del país en general.

Las exportaciones agrícolas se caracterizan por cumplir altos estándares de calidad y normativas internacionales, garantizando productos seguros, frescos y atractivos para el consumidor. Costa Rica sobresale en la exportación de productos naturales, lo que ha impulsado el desarrollo de diferentes enfoques económicos para gestionar su producción agrícola y comercio exterior. Entre estos destacan el modelo agroexportador, el modelo de sustitución de importaciones y el modelo de apertura e inserción en la economía internacional.

Modelo Agroexportador

Este modelo, se presenta “desde mediados del siglo XIX hasta mediados del siglo XX, durante un poco más de cien años”. (Lizano, 2016, p. 3). Durante este periodo, Costa Rica basa su economía en la producción y exportación de cultivos agrícolas de buena calidad tales como el café y el banano, los cuales se convirtieron en los principales motores de desarrollo económico del país. Estos productos comienzan a ser exportados principalmente a países europeos y a los Estados Unidos.

En este sentido, se visualiza que tal modelo adoptado durante la época permite al país integrarse en el comercio internacional, además de generar divisas y construir infraestructura necesaria para su desarrollo, como ferrocarriles y puertos, para facilitar el transporte de estos

productos y aumentar su exportación. Estas obras resultaron fundamentales para facilitar el transporte de productos hacia otros países, optimizando la logística y aumentando la capacidad de exportación del país.

Según Lizano (2016), se creó una legislación para proteger a los caficultores, prohibiéndoles vender café en fruta directamente a exportadores, debían entregarlo a beneficios para su procesamiento. Este sistema garantizaba mayores ganancias por exportación en comparación con otros países; además, promovió la investigación, la adopción de tecnologías y facilitó el acceso al crédito para pequeños y medianos caficultores, mediante un sistema de financiamiento con bancos estatales y beneficios.

Ilustración 1

Impacto del Café en el Modelo Agroexportador



Nota: Periódico Enlace (2021).

Tal modelo de protección a los caficultores en Costa Rica demuestra un enfoque integral que prioriza en garantizar un ingreso justo para los productores, también establece una base sólida para el desarrollo del sector cafetalero, esto debido a que la legislación regulaba la forma en la que se comercializaba el café; además, promovía un sistema que aseguraba los beneficios económicos de manera más equitativa a los agricultores, especialmente en comparación con otros países. Asimismo, el acceso al crédito a disposición de los pequeños y medianos agricultores fue un apoyo fundamental para financiar sus actividades y crecer exponencialmente.

Este modelo fue una estrategia muy importante para la época que contribuyó al desarrollo económico y social de Costa Rica en esos años. No obstante, como consecuencia negativa se creó una fuerte dependencia de unos pocos productos y mercados, lo que hacía a la economía vulnerable ante fluctuaciones de precios o cambios en la demanda externa. Además, esta dependencia limitó la diversificación de la agricultura y del comercio, lo que dificultaba que el país intentara producir en otros sectores económicos que pudieran aportar diversos beneficios.

Modelo de Sustitución de Importaciones

El modelo de sustitución de importaciones fue una estrategia como esfuerzo por impulsar el desarrollo nacional y reducir la dependencia del comercio exterior. Este enfoque buscaba fomentar la producción local mediante la sustitución de bienes importados por productos fabricados internamente, promoviendo así la creación de industrias nacionales. Para lograrlo, se aplicaron medidas como aranceles proteccionistas, incentivos a la inversión en manufactura y restricciones a la importación de ciertos bienes, priorizando la industrialización como motor del crecimiento económico y la generación de empleo. Al respecto, se menciona que:

Se trataba de utilizar el mercado local como base del desarrollo nacional. La industrialización buscaba sustituir las importaciones por bienes de producción local. Para ello se recurrió al proteccionismo arancelario de productos industriales, así como de bienes agrícolas y de ciertos servicios. De esta manera, la producción nacional podía competir con los productos importados. (Lizano, 2016, p. 5).

Esto quiere decir que el modelo de sustitución de importaciones buscaba, principalmente, que el país no dependiera únicamente de las exportaciones de productos primarios, es decir, abogaba para que existiera la posibilidad de producir sus propios bienes de consumo y manufacturas. La estrategia consistía en fomentar la producción local para reducir las importaciones, esto fue un buen plan para fortalecer la economía y para fomentar el desarrollo de nuevas y diversas industrias nacionales. Sin embargo, este modelo de sustitución de importaciones se encontró con algunos obstáculos, por ejemplo:

El tamaño del mercado los impuestos a la importación equivalían, en última instancia, a impuestos a las exportaciones. Así, en vista del sesgo anti-exportador del modelo, el país no podía aprovechar las oportunidades que ofrecía el crecimiento de la economía internacional. (Lizano, 2016, p. 6).

En otras palabras, el modelo de sustitución de importaciones empezó con grandes expectativas para impulsar la producción local, pero se enfrentó a limitaciones importantes. El mercado costarricense era pequeño, lo que dificultaba la expansión y la competitividad de las industrias locales, ya que no contaban con una demanda interna suficiente para sostener un crecimiento económico como el que se pretendía. Además, la falta de tecnología y la escasez de capital dificultaban la modernización de la industria, lo que llevó a una dependencia continua de la importación de maquinaria y materia prima.

Modelo de Apertura e Inserción en la Economía Internacional

Este combina los aprendizajes de los modelos anteriores para un mejor desarrollo económico del país, se centra en promover la libre circulación de bienes, servicios y capitales a nivel internacional. Busca crear mejores condiciones más competitivas para Costa Rica, pues se promueve la integración al mercado global, esto significa utilizar los recursos de manera más eficiente, potenciar sectores donde Costa Rica tiene ventajas y fortalecer su capacidad productiva en un entorno económico cada vez más dinámico. Sobre esto, se indica que:

Se trata de aprovechar las ventajas comparativas del país mediante las innovaciones tecnológicas, el uso de mano de obra calificada, la inversión extranjera directa y el acceso a mercados externos. Se busca promover el desarrollo económico del país gracias a las nuevas oportunidades de inversión consecuencia de la apertura comercial y financiera. (Lizano, 2016, p. 6).

A pesar de los esfuerzos por expandir la economía y promover una mayor integración global, el modelo de apertura e inserción se ha enfrentado a obstáculos importantes. Este sistema no ha sido sostenible, porque los beneficios de la apertura comercial no siempre han llegado a todos los sectores de manera equitativa. Entonces, algunos de ellos han experimentado desventajas y esto ha complicado el equilibrio económico y social, generando desafíos en la distribución de la riqueza y el desarrollo inclusivo.

Los distintos enfoques económicos desarrollados en Costa Rica para gestionar su producción agrícola y el comercio exterior han sido fundamentales en el aprendizaje y perfeccionamiento de las estrategias de desarrollo del país. Estos modelos, como el agroexportador, el de sustitución de importaciones y el de apertura económica, han permitido adaptar la economía nacional a las demandas internacionales. Gracias a ellos, se ha fortalecido la capacidad productiva, la calidad de las exportaciones y la inserción del país en mercados globales. No obstante:

El paso de un modelo a otro es un proceso social, político y económico lento y difícil. Lento por cuanto no se puede ir de prisa. De hecho, las reformas legales e institucionales y las transformaciones económicas exigen tiempo para llevarse a cabo. Difícil porque el cambio de modelo modifica el statu quo sociopolítico. No es de extrañar, por lo tanto, la oposición, con frecuencia pertinaz, de algunos grupos sociales al proceso de cambio. (Lizano, 2016, p. 9).

Actualmente, el modelo del país se basa en la diversificación de productos, la atracción de inversión extranjera directa y el acceso a mercados internacionales mediante tratados comerciales. Según Procomer (2024), este modelo está impulsado principalmente por el sector de dispositivos médicos, que representa el 42% del total. Otros sectores importantes incluyen la agricultura y la industria alimentaria, que también han mostrado incrementos en sus exportaciones. Además, Estados Unidos sigue siendo el principal mercado de destino, pues acapara el 49% de las exportaciones del país.

Exportación de Tubérculos en Costa Rica

A través de los años, el sector agrícola en Costa Rica ha sido uno de los más importantes en su economía y en su exportación, debido a que en el este país existe una gran diversidad de cultivos que han impactado positivamente comercio internacional. En este contexto, los tubérculos como la yuca, el ñame y el camote han adquirido un papel importante como productos básicos para el consumo interno y como bienes de exportación hacia diversos mercados internacionales, contribuyendo así al desarrollo económico.

Cabe destacar que el territorio de Costa Rica cuenta con condiciones agroclimáticas propicias para los cultivos de tubérculos, como suelos fértiles y climas variados, que permiten el cultivo de estos productos durante todo el año, esto ha incentivado su comercialización en mercados como Estados Unidos, la Unión Europea y el Caribe. Además, la demanda internacional de alimentos frescos y saludables ha aumentado, por lo que los tubérculos son una buena opción para los agricultores del país al ser una oportunidad económica y al contribuir a la diversificación de las exportaciones agrícolas.

Ilustración 1

Suelos Fértiles Aptos para la Siembra de Papa en Costa Rica



Nota: Áviles y Piedra (2017), p. 46.

Según Áviles y Piedra (2017), los tubérculos son estructuras subterráneas que almacenan nutrientes como almidón, permitiendo a las plantas sobrevivir en condiciones adversas y facilitar su propagación vegetativa. Se forman por el engrosamiento de los estolones cuando las plantas

alcanzan madurez fisiológica y están expuestas a condiciones ambientales adecuadas, como fotoperíodos específicos y temperaturas óptimas. En la agricultura, los tubérculos, como la papa (*Solanum tuberosum*), son esenciales para la producción y reproducción de muchas especies cultivadas, destacando su importancia ecológica y económica en diversos ecosistemas agrícolas.

Estos productos son fundamentales en Costa Rica para el consumo interno y para el comercio exterior, ya que son base de la dieta costarricense y se usan en recetas tradicionales y modernas por su versatilidad, sabor y valor nutricional. En la gastronomía nacional destacan en platillos como picadillos, tamales, chips y en la elaboración de harinas y almidones. En el mercado internacional, productos como la yuca, el camote y el ñame son reconocidos por su calidad y sostenibilidad, siendo altamente demandados por su frescura y aporte nutritivo. La papa es uno de los tubérculos más consumidos en el país. Se indica que.

En Costa Rica la mayoría de la población tiene acceso a este alimento, ya que se produce durante todo el año. Una hectárea de papa puede rendir la misma cantidad de alimento que dos a cuatro hectáreas de granos básicos; además, produce el doble de proteínas por hectárea que el trigo. (Áviles y Piedra, 2017, p. 29).

Asimismo, según Procomer (2024), la exportación de tubérculos ha sido clave para fortalecer la economía de pequeños y medianos agricultores en Costa Rica. En 2023, el país registró un crecimiento significativo en la exportación de tubérculos, destacando la yuca, el ñame y la papa, estas exportaciones alcanzaron un valor de \$32 millones, reflejando una alta demanda internacional. Este crecimiento se atribuye a la diversificación de mercados y a la calidad de los productos, que han logrado posicionarse en mercados como Estados Unidos y Europa.

Ilustración 2

Aporca de Yuca en Suelos Fértiles Costarricenses



Nota: Áviles y Piedra (2017).

Esto quiere decir que los tubérculos han logrado consolidarse como clave en el modelo de exportación agrícola de Costa Rica, por su valor económico y por su capacidad para contribuir a la sostenibilidad y diversificación del sector. Todo ello alude a que el cultivo de tubérculos representa una fuente de ingresos estable para los agricultores, especialmente aquellos ubicados en regiones rurales, donde las oportunidades económicas suelen más limitadas que en zonas urbanas. Además, la demanda internacional por alimentos frescos, saludables y de alta calidad ha permitido que los tubérculos costarricenses ganen reconocimiento y fama en mercados extranjeros.

Generación de Empleo

El cultivo de tubérculos en Costa Rica genera un impacto significativo en la creación de empleo, especialmente en zonas rurales donde muchas familias dependen de esta actividad. Según Muñoz (2016), la producción de yuca y ñame proporciona ingresos a los agricultores y empleos en todas las etapas del proceso, como siembra, cosecha, lavado y empaque. Esta actividad es crucial para el sustento de comunidades, fomentando el encadenamiento productivo y la inclusión laboral, especialmente entre grupos vulnerables como mujeres y jóvenes.

El trabajo en el campo de mujeres en el cultivo de tubérculos juega un papel clave en la promoción de la igualdad de género y el empoderamiento. La participación de las mujeres en estas

actividades agrícolas les permite acceder a fuentes de ingreso propio, lo que mejora su autonomía económica y su bienestar. Además, en muchas comunidades rurales, las mujeres son las principales encargadas de las tareas relacionadas con el cultivo de tubérculos, lo que resalta su rol fundamental en la seguridad alimentaria y el desarrollo local.

Ilustración 3

Participación de Mujeres en la Agricultura



Nota: González (2020).

Por ello, la producción y exportación de tubérculos se posicionan como uno de los generadores de empleo más valiosos del país, ya que, gracias a esta actividad, muchas personas de áreas rurales pueden formar parte activa de la economía local. Por otro lado, significa un ingreso que mejora la calidad de vida de muchas personas en el país y promueve un futuro más prometedor para las comunidades rurales, donde cada una de las cosechas representan una oportunidad para crecer y prosperar como comunidad. Asimismo, se observa que:

En Costa Rica existen cinco regiones productoras: la región Huetar Norte (principalmente en San Carlos y Sarapiquí), la región Huetar Atlántica (Pococí, Guácimo, Siquirres), la región Brunca (Buenos Aires, Pérez Zeledón, Osa, Corredores, Golfito y San Vito), la región Central Sur y la región Chorotega, según información del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (Muñoz, 2016, p. 11).

Todas estas zonas corresponden a la mayor parte de Costa Rica y se ven beneficiadas por la creación de empleos que surge gracias al cultivo de tubérculos como la papa, el ñame, la yuca, el camote, el ñampí, entre otros. En estas regiones, la actividad agrícola produce trabajos directos para muchas personas; los pequeños productores, por ejemplo, tienen una alternativa económica sostenible con el cultivo de tubérculos, mientras que las empresas medianas y grandes generan oportunidades laborales que impactan positivamente a miles de personas que viven en el territorio costarricense. En este sentido:

Para los mercados internacionales, Costa Rica viene a jugar un papel muy importante, específicamente en el comercio de raíces y tubérculos para el consumo humano, pues, en la actualidad, es el cuarto exportador en el mundo. Todo lo anterior se debe, al apoyo que PROCOMER ha brindado a los exportadores costarricenses. (Muñoz, 2016, p. 15).

El cultivo de tubérculos en Costa Rica es un avance económico significativo para las regiones productoras y una mejora en las condiciones de vida de sus habitantes. Gracias a esta actividad, se generan múltiples oportunidades laborales en todas las etapas de producción, como siembra, cosecha y empaque. Además, la exportación de tubérculos impulsa el comercio exterior, fortaleciendo la economía nacional, este desarrollo beneficia especialmente a las comunidades rurales, creando ingresos sostenibles y promoviendo el crecimiento económico del país.

Contribución al PIB

El Producto Interno Bruto, por sus siglas llamado PIB, corresponde al valor total de todos los bienes y servicios finales producidos dentro de un país en un periodo, es decir, que conlleva la sumatoria de todo lo que se produce y se vende en el país que conforma las actividades económicas y las ganancias que se generan a partir de estas. Por lo tanto, un aumento en el PIB refleja una mayor expansión económica, lo que traduce en más oportunidades de empleo, mejores ingresos y un desarrollo en distintos sectores.

La agricultura y producción de tubérculos contribuye de manera significativa al Producto Interno Bruto (PIB) de Costa Rica al ser parte esencial del sector agrícola, encabezando uno de los productos más consumidos por las personas, en efecto. Según datos del Banco Central de Costa Rica (2024), la agricultura representa alrededor del 5% del PIB, y dentro de este porcentaje, los tubérculos tienen una participación destacada debido a su alta demanda y su gran utilidad en múltiples alimentos, tanto en el mercado interno como en el internacional.

Según Procomer (2024), la exportación de tubérculos tales como la yuca, el ñame y el camote genera divisas importantes para la economía nacional, con mercados que destacan en Estados Unidos, Europa y el Caribe. Por ejemplo, en el año 2023, las exportaciones de raíces y tubérculos alcanzaron un valor de aproximadamente \$32 millones. Con este ingreso se aumenta el crecimiento de las cadenas como el transporte, el procesamiento, el empaque y la comercialización.

Principales Mercados de Exportación

La producción y exportación de tubérculos en Costa Rica se ha expandido a mercados internacionales desde hace muchos años; tubérculos como la yuca, el ñame y el camote, se exportan principalmente a Estados Unidos, Países Bajos, España, Francia y Reino Unido. Según datos de la OEC, en 2022, Estados Unidos fue el principal destino, recibiendo exportaciones por \$81.3 millones, seguido por Países Bajos con \$18.4 millones. Esto refleja la importancia de estos productos en la economía nacional y su contribución al comercio exterior.

En mercados internacionales, tales tubérculos son muy apreciados por su versatilidad y valor nutricional; además, por ciertas condiciones climáticas y de la tierra no es posible producirlo como se logra en Costa Rica, esto ha permitido que el país se consolide como un proveedor confiable de tubérculos en el mercado internacional, pretendido por la calidad de estos productos y su producción masiva. Por ejemplo, la yuca es muy cotizada en países extranjeros debido a diversas razones:

La mayor parte de la producción de yuca procesada se destina al mercado internacional, principalmente a Estados Unidos de Norteamérica, a donde se embarcaron 57 mil toneladas

con un valor de USD\$42 millones. Le siguen países como Holanda con 9 mil toneladas con un valor de USD\$6,7 millones y España con 6,7 mil toneladas con un valor de USD\$4,7 millones. (Román, 2018, p. 15).

Esto indica que la demanda de la yuca costarricense en mercados internacionales es muy fuerte y que la producción de esta es tanta como para satisfacer las necesidades de grandes consumidores. La yuca procesada, en particular, ha encontrado un mercado debido a su versatilidad en la alimentación y su alta demanda en la industria alimentaria, especialmente en países donde las condiciones climáticas no permiten su producción local como Holanda, España, Países Bajos, Reino Unido, entre otros.

De la misma manera, según datos de Procomer (2023), la yuca es la raíz más exportada por Costa Rica, representando el 3% de las exportaciones agrícolas del país; asimismo, 94 empresas costarricenses exportan yuca a 28 destinos diferentes en el mundo. Por otro lado, las exportaciones de productos como el ñame, el ñampí y el taro se encuentran en crecimiento con diferentes destinos en el mundo, estas han mostrado un crecimiento constante, consolidándose en mercados internacionales y diversificando los destinos de exportación.

Ilustración 4

Principales Destinos de Exportación de Tubérculos Costarricenses



Nota: Procomer (2021).

Identificación de Mercados Clave

El identificar los mercados clave permite a las empresas segmentar a los consumidores específicos que ofrecen oportunidades para su crecimiento y rentabilidad. Este proceso implica analizar las características demográficas, comportamientos y necesidades de los consumidores, facilitando la adaptación de los productos. Según Mikkelsen (2015), este enfoque mejora la toma de decisiones al proporcionar información objetiva para identificar problemas y oportunidades en el mercado, según lo cual las empresas optimizan la asignación de recursos y aumentan su competitividad en un entorno dinámico.

Es esencial estudiar los mercados internacionales para determinar cuáles tienen mayor demanda de tubérculos, además de evaluar las tendencias de consumo, las condiciones económicas y las políticas comerciales, como los acuerdos de libre comercio. Según Mikkelsen (2015), este proceso optimiza la toma de decisiones estratégicas, maximizando el crecimiento y la rentabilidad para los exportadores de tubérculos y adaptando su oferta a las necesidades de los mercados objetivo.

Los factores que influyen en la elección de mercados clave para la exportación de tubérculos incluyen la demanda internacional, las condiciones climáticas y productivas, la capacidad de distribución, los acuerdos comerciales y las políticas arancelarias. La demanda internacional se refiere al interés de los consumidores por productos como la yuca, el ñame o el camote en mercados externos, lo cual puede estar determinado por tendencias de consumo, preferencias culturales y comunidades que consumen estos productos.

Otro factor que influye en la elección de mercados clave para la exportación de tubérculos son las condiciones climáticas y productivas. Muchos países no pueden producir tubérculos debido a condiciones climáticas desfavorables, lo que crea una alta demanda de importaciones. Por ejemplo, en áreas con sequías prolongadas o suelos poco fértiles, la producción de tubérculos como la papa o la yuca es casi imposible. Según el estudio de la FAO el estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo (2021), las variaciones climáticas extremas, como temperaturas elevadas

y escasez de agua, han reducido los rendimientos de cultivos, subrayando la necesidad de estrategias de adaptación agrícola para mitigar estos efectos.

La capacidad de distribución y logística es otro factor clave, ya que depende de la infraestructura disponible, como puertos y redes de transporte. Según un artículo de la Universidad Europea logística y comercio ¿que relación tienen? (2022), una logística eficiente optimiza recursos y reduce costos operativos, mejorando la cadena de suministro global, esto permite coordinar rutas de transporte y gestionar inventarios de manera efectiva, lo que facilita tiempos de entrega más rápidos. Para asegurar el éxito en las exportaciones, es esencial contar con una logística bien gestionada que permita acceder a mercados clave de manera competitiva.

Otro factor que influye en la selección de mercados clave para la exportación de tubérculos son los acuerdos comerciales y políticas arancelarias. Según el informe del Ministerio de Comercio Exterior de Costa Rica (COMEX, 2023), estos acuerdos facilitan el acceso a mercados internacionales y establecen normas para los productos costarricenses. Los tratados de libre comercio permiten a los exportadores acceder a mercados como el estadounidense y el europeo, expandiendo así las oportunidades para la exportación de tubérculos. Esto resalta la importancia de contar con acuerdos comerciales para fomentar el comercio internacional.

La plataforma de comercio exterior ofrece seguridad jurídica y mejora las condiciones para la colocación de productos en mercados internacionales. (COMEX, 2023). Los acuerdos comerciales establecen requisitos específicos sobre calidad y seguridad alimentaria, lo que asegura que los tubérculos cumplan con las expectativas del consumidor y las regulaciones del país importador. Además, la demanda de tubérculos en países europeos está creciendo, lo que representa una oportunidad clave para los exportadores costarricenses. Sobre lo anterior se indica que.

(...) el ñame y la mandioca son los productos más vendidos. La demanda de estos productos comenzó en tiendas étnicas y restaurantes, pero poco a poco se están volviendo más accesibles. El creciente interés en las verduras exóticas y la conciencia de los consumidores

sobre las posibilidades culinarias ayudan a desarrollar los canales de mercado para las raíces y tubérculos exóticos. (Ministerio de Asuntos Exteriores, 2019, p. 2).

En este sentido, para una mayor presencia en los mercados clave es indispensable que los exportadores costarricenses desarrollen estrategias para asegurar la calidad del producto y así mejorar la competitividad en el mercado internacional. Además, deben promover alianzas estratégicas con distribuidores internacionales para fortalecer su posicionamiento en mercados como Europa y América del Norte, las cuales pueden facilitar el acceso a una red de distribución más amplia y traer múltiples beneficios para los exportadores.

Tendencias de Demanda

Son los cambios o los patrones en el comportamiento de los consumidores los que determinan la preferencia o el interés por un producto específico de un mercado (como, por ejemplo, los tubérculos) durante un periodo determinado. Estos cambios en las preferencias de los clientes pueden darse debido a distintas circunstancias: cambios en los hábitos de los consumidores, preferencias culturales, avances tecnológicos o factores económicos. Por ejemplo, la creciente preocupación por una alimentación saludable puede aumentar la demanda de productos como la yuca, el ñame o el camote, ya que son percibidos como opciones nutritivas; sobre esto se indica que:

Cuando una persona, o grupo de personas, demanda en el mercado de bienes y servicios, es decir, quiere satisfacer alguna de sus necesidades, implica que quiere adquirir algo, comprarlo. Si el número de demandantes aumenta, mientras las demás condiciones siguen constantes, el precio de un producto sube. Por el contrario, si la cantidad demandada baja, mientras todo siga constante, el precio baja. (Landeta y Cadena, 2024, p. 5200).

Es fundamental considerar como un factor la tendencia de demanda en la exportación de tubérculos, con el fin de identificar oportunidades y riesgos en los mercados internacionales. Esto

permite prever cambios en las preferencias de los consumidores y ajustar la producción y comercialización según las necesidades del mercado. Además, facilita la toma de decisiones informadas, mejorando la competitividad y asegurando la sostenibilidad del negocio en un entorno globalizado. Se observa que:

Los factores que determinan la tendencia del mercado son múltiples, quizá, hasta innumerables e inesperados. Sin embargo, los más importantes son los que ya hemos analizado en los apartados anteriores: Oferta, Demanda, Precio, Cantidad. A estos podrían agregarse externalidades temporales o no temporales, fungibles y no fungibles, pero este es tema que amerita un análisis mucho más profundo. (Landeta y Cadena, 2024, p. 5202).

En la agricultura de tubérculos, factores como la oferta, la demanda, el precio, las condiciones climáticas, las políticas comerciales y las preferencias del consumidor influyen directamente en el mercado. Un análisis integral de estos factores permitirá a los exportadores posicionarse estratégicamente en el mercado global. Según Landeta y Cadena (2024), un buen análisis de tendencias incluye la recolección de datos, comparativas sectoriales y la correlación de tendencias a través del tiempo, lo que facilita la toma de decisiones informadas.

De acuerdo con Landeta y Cadena (2024), el primer paso consiste en recopilar datos sobre la oferta y demanda de productos a nivel global, utilizando fuentes como la Organización Mundial de Comercio. En el caso de los tubérculos, esto implica reunir información detallada sobre la producción, exportación e importación en los principales mercados internacionales. Es crucial estudiar los países con mayor consumo de tubérculos para identificar los mercados más prometedores y entender los factores que pueden afectar la venta y exportación de estos productos, el segundo paso trata sobre:

Balanza Comercial de bienes y servicios, por sector, a nivel mundial Con estos datos, se los relacionará cada uno en su sector, constituyendo la Balanza Comercial de los mismos. Aquellos que tengan Balanza Comercial positiva son, evidentemente, los más demandados

por el mercado y tienen el potencial de seguir creciendo. De entre estos, se escogerá los que tienen un mayor volumen de bienes y servicios ofertados. (Landeta y Cadena, 2024, p. 5204).

Por último, el tercer paso se trata del coeficiente de correlación de la tendencia en el tiempo, este concepto hace referencia a la evolución constante de las tendencias, que pueden desarrollarse de manera positiva o negativa a lo largo del tiempo, dependiendo de diversos factores internos y externos que influyen en la oferta y la demanda. Como se señala en la fuente consultada, esta evolución se puede dar en términos de aumento o disminución, lo cual se expresa de la siguiente manera:

La tendencia siempre tiende a evolucionar, tanto de modo positivo como negativo, siempre a través del tiempo. Si la tendencia es negativa, la cantidad de bienes o servicios ofertados decrece a medida que avanza en el tiempo; por el contrario, si es positiva, la cantidad aumenta. Para establecer cuál es la tendencia, correlacionaremos la cantidad de bienes y servicios ofertados que sean crecientes; si la correlación es mayor a 0,7, la tendencia es probable que continúe creciendo; si no es así, es probable que tienda a decrecer. (p. 5204).

El último paso consiste en analizar cómo han evolucionado las ventas de tubérculos a lo largo del tiempo. Si las ventas muestran una tendencia positiva, esto indica que existen buenas oportunidades para seguir aumentando la oferta en ese mercado; por el contrario, si las ventas caen o no muestran mejoras, podría ser señal de una disminución en la demanda. Este análisis permite a los exportadores anticipar cambios en el mercado y tomar decisiones informadas sobre cómo y dónde comercializar los tubérculos en el futuro.

Por otra parte, existen algunos factores importantes que impulsan las tendencias de la demanda de los tubérculos a nivel internacional e internacional, por ejemplo: el interés por la salud y nutrición, la sostenibilidad, diversidad cultural y adaptación culinaria. Actualmente, los consumidores buscan alimentos que sean nutritivos y funcionales, por lo que los tubérculos como

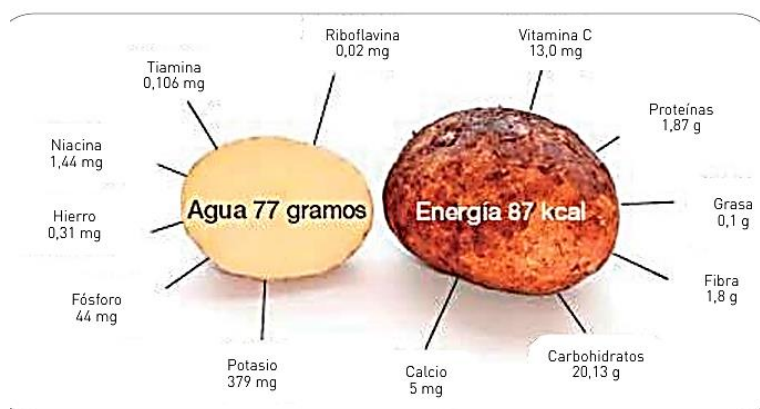
la yuca, el ñame y la papa encajan en esta tendencia. Los tubérculos son considerados un super alimento:

Tienen un contenido muy alto de fibra, lo que puede ayudar a llenar el estómago y al mismo tiempo promover el movimiento de los alimentos a través del tracto digestivo. Muchos tubérculos contienen antioxidantes que pueden ayudar a combatir la inflamación (...) incluyen la vitamina C, vitamina A, muchas vitaminas B, vitamina K, vitamina E, calcio, hierro, potasio y manganeso. Estos vegetales tienen pocas calorías. (National Kidney Foundation, 2022, p. 1).

Los tubérculos son elegidos por muchas personas como parte de su dieta diaria debido a su alto contenido vitamínico y su valor nutritivo, lo que los hace recomendados por nutricionistas. No solo son deliciosos, sino que también son una excelente opción para quienes buscan mantener una dieta equilibrada y saludable. Su versatilidad en la preparación permite adaptarlos a diferentes gustos y recetas, lo que los convierte en una opción ideal para mejorar la calidad de la alimentación y cuidar la salud.

Ilustración 5

Elementos nutricionales Presentes en un Tubérculo de Papa



Nota: Áviles y Piedra (2017), p. 31.

Otro factor que impulsa la demanda internacional de tubérculos es su sostenibilidad, ya que los consumidores valoran productos con menor huella ambiental, producidos de manera responsable. Según Pervez (2013), la producción sostenible de alimentos es clave para satisfacer las necesidades de una población en crecimiento, mientras se reduce el impacto ambiental. Este enfoque no solo responde a las expectativas de los consumidores, sino que también promueve prácticas agrícolas que conservan los recursos naturales y mejoran la resiliencia frente al cambio climático.

La diversidad cultural es un factor que también impulsa la demanda internacional de tubérculos, muchas personas en Europa y América del Norte se sienten atraídas por probar alimentos de otras culturas, percibiendo los tubérculos como productos exóticos y únicos. Esta tendencia está vinculada a la globalización y al intercambio cultural, que ha permitido que las preferencias alimentarias se diversifiquen, influenciadas por factores socioeconómicos y culturales de cada región.

La adaptación culinaria es otro factor clave que impulsa la demanda de tubérculos, ya que estos ingredientes se han integrado en múltiples recetas modernas y de carácter gourmet, además de ser una opción popular en dietas especiales como la libre de gluten. Según Potosí, Muñoz y Córdoba (2020), la tendencia hacia dietas más saludables y sostenibles ha llevado a chefs y cocineros a explorar y reinventar platos con tubérculos, aprovechando sus propiedades y versatilidad.

Estos factores impulsan las tendencias de demanda de tubérculos a nivel internacional y nacional. Por ello, es fundamental que todos los exportadores costarricenses comprendan estas tendencias para posicionarse estratégicamente en los mercados globales; al adaptarse a estas demandas, los productores aseguran el crecimiento de sus exportaciones y se mantienen competitivos. Además, esto les permite mejorar su reputación como proveedores confiables de productos agrícolas.

Retos en la Exportación

Estos son los obstáculos que enfrentan las empresas al intentar vender productos en mercados internacionales, desde cumplir con normas sanitarias hasta lidiar con fluctuaciones de precios y desafíos logísticos. Es esencial que los exportadores consideren estos retos para poder anticiparse a cualquier circunstancia adversa; de no hacerlo, podrían enfrentar graves consecuencias como la pérdida de productos y dinero. Una planificación adecuada permite minimizar estos riesgos y asegurar el éxito en las exportaciones.

Es fundamental que las empresas identifiquen y gestionen los retos en la exportación de tubérculos para estar preparadas ante cualquier imprevisto; ignorar estos desafíos puede afectar gravemente el éxito comercial, generando pérdidas de producto, sanciones por incumplimiento o la cancelación de contratos. Por lo tanto, la planificación y la adaptación a las regulaciones de cada mercado son esenciales para garantizar la sostenibilidad del negocio y mantener una buena imagen comercial ante los socios internacionales.

Según Olarte (2013), es fundamental que los exportadores reconozcan los desafíos de la exportación, ya que pueden afectar su competitividad en el mercado internacional; no considerar aspectos como regulaciones, diferencias culturales y fluctuaciones económicas puede resultar en costos adicionales, retrasos y pérdida de oportunidades comerciales. Por tanto, el abordaje de estos retos permite a las empresas desarrollar estrategias de diversificación y adaptación, lo que mejora su resiliencia y éxito a largo plazo en un entorno global cambiante.

Cumplimiento de Estándares Internacionales

Se debe considerar el reglamento técnico, ya que hay normativas que establecen instituciones como el Codex Alimentarius para los tubérculos, estos lineamientos incluyen requisitos de calidad. Algunos de los requisitos mínimos con los que deben contar tubérculos como la papa son: “estar intactas, estar sanas, deben excluirse los productos afectados por podredumbre o deterioro que hagan que no sean aptas para el consumo, tener un aspecto fresco y ser de consistencia firme, estar prácticamente limpias” (Codex Alimentarius, 2020, p. 2), entre otros requisitos.

Asimismo, los estándares utilizados para la exportación de tubérculos, tales como la papa, son muy rigurosos y no solo consideran la calidad, sino también factores como la estética, el color, el estado y la madurez del producto, así como su capacidad para llegar intacto al destino; estos estándares aseguran la seguridad alimentaria y cumplen con las expectativas del consumidor y las exigencias de los mercados internacionales. El exportador también debe tomar en cuenta el envasado:

Los materiales utilizados en el interior del envase deben estar limpios y ser de calidad alimentaria tal que evite cualquier daño externo o interno al producto. Se permite el uso de materiales, en particular papel o sellos, con indicaciones comerciales, siempre y cuando estén impresos o etiquetados con tinta o pegamento no tóxico. (Codex Alimentarius, 2020, p. 5).

Ilustración 6

Embalaje de Tubérculos para Exportar



Nota: Logihfrutic (2017).

Por ende, estos requisitos abarcan la calidad del producto y otros aspectos relacionados con la presentación, empaque y etiquetado del producto, que son fundamentales para garantizar la aceptación en los mercados de destino. En consecuencia, el seguimiento de estas normativas

permite que los exportadores eviten sanciones y demuestren que sus productos respetan la calidad y la seguridad alimentaria, lo que fortalece su reputación y competitividad en los mercados globales.

Ilustración 7

Reglamentos de Calidad según el Calibre del Tubérculo

Producto	Diámetro (cm)	Rangos		Tolerancias por categoría		
		Largo (cm)	Peso (g)	Extra	Primera	Comercial
Yuca*	4 - 8	20 - 40	300 - 1000	---	hasta 10%	hasta 15%
Tiquisque*	4,5 - 7	10 - 30	150 - 450	hasta 5%	hasta 10%	hasta 15%
Ñame	---	---	500 - 2500	---	hasta 10%	hasta 15%
Jengibre	---	---	+20	hasta 5%	hasta 10%	hasta 15%
Ñampí	---	---	+60	hasta 5%	hasta 10%	hasta 15%

* Diámetro: medida transversal en su parte más ancha.

Nota: Segura, Saborío y Sáenz (2003), p. 52.

El cumplimiento de los requisitos fitosanitarios es esencial para obtener el certificado de exportación, un documento clave en la comercialización internacional, y que asegura el estado de sanidad y procedencia de los productos vegetales mediante un proceso de inspección oficial. Su emisión garantiza que los envíos cumplan con las normativas fitosanitarias del país importador, contribuyendo a prevenir la propagación de plagas y enfermedades en el comercio internacional. (Servicio Fitosanitario del Estado, 2012, p. 1).

Ilustración 8:

Planta de Tubérculos con Plaga de Mosca



Nota: Áviles y Piedra (2017), p. 53.

Infraestructura Logística y Transporte

La falta de infraestructura adecuada para almacenar y transportar los tubérculos es un desafío para las empresas, ya que puede provocar pérdidas considerables debido al deterioro de los productos. Este problema se presenta porque los tubérculos son productos perecederos que requieren condiciones específicas para mantener su calidad y frescura durante todo el proceso logístico. Uno de los elementos clave en este contexto es la cadena de frío, que resulta esencial para garantizar que los productos se conserven en condiciones óptimas desde su recolección hasta su llegada al mercado final, por ejemplo:

Se observa que es muy probable que durante el proceso se rompa la cadena de frío en más de un eslabón, particularmente en el traslado desde las fincas hasta las plantas empacadoras en camiones a temperatura ambiente que no cuentan con ningún tipo de tecnología para controlar la temperatura. (Román, 2018, p. 60).

Esta situación es una pérdida para los exportadores y también ocasiona una disminución de la competitividad de los tubérculos en los mercados internacionales, donde la calidad y la apariencia son factores clave para ganar la confianza del consumidor. Una de las situaciones que pueden causar la ruptura de la cadena de frío del tubérculo podría ser la falta de tecnologías adecuadas y de infraestructura especializada para mantener la temperatura ideal de estos productos.

Asimismo, otro de los elementos críticos que inciden en la cadena logística de tubérculos es el tiempo de tránsito desde la planta empacadora hasta el país de destino: “La falta de otras alternativas para el transporte de los productos destinados a ser exportados de la zona norte del país, como sería un tren de carga, resta competitividad a los productores de esa zona”. (Román, 2018, p. 60). Esto claramente resulta un problema porque los tubérculos son productos perecederos que, con el paso del tiempo, van perdiendo sus propiedades y su buena apariencia.

Esta situación incrementa los costos de exportación, ya que los productores tienen que buscar soluciones más caras, como el transporte por carretera, que puede ser más lento y riesgoso. Además, la falta de alternativas de transporte, como el tren de carga, limita las opciones de los productores para enviar sus productos de manera más económica y eficiente, esto significa una gran desventaja competitiva, ya que los costos adicionales de transporte pueden reducir el margen de ganancia y dificultar la posibilidad de ofrecer precios atractivos en mercados internacionales.

Adicionalmente, afecta la duración de la operación portuaria, debido a que “las vías de acceso al puerto no son suficientemente para atender los volúmenes actuales y futuros”. (Román, 2018, p. 61). Lo anterior genera tardanzas durante la carga y descarga de los tubérculos, y afecta el tiempo de tránsito y la calidad final del producto, debido a que, si el tiempo de espera en el puerto se extiende, los productos como los tubérculos corren el riesgo de deteriorarse antes de llegar a su destino final.

Para superar estos retos, es necesario invertir en la mejora de la infraestructura portuaria, lo que permitirá un flujo más eficiente de productos y garantizará que los tubérculos lleguen en óptimas condiciones a los consumidores, pues la exportación de tubérculos “requiere de servicios de transporte y logísticos en los nodos especializados que preserven la calidad del producto y cumplan con los tiempos de tránsito”. (Román, 2018, p. 63). Por tales razones, la infraestructura logística y transporte podría ser uno de los mayores retos en la exportación de tubérculos hacia otros países.

Competencia en el Mercado Global

La competencia global de los tubérculos implica que los países y productores luchan por destacarse en mercados internacionales. Según Linares y Gutiérrez (2001), los exportadores deben adaptarse a un entorno competitivo, mejorar la calidad y eficiencia de sus productos, y cumplir con los estándares internacionales; además, deben innovar en procesos productivos y comerciales para sobresalir. La liberalización del comercio ha intensificado esta competencia, exigiendo a los exportadores optimizar sus estrategias para mantenerse competitivos en un mercado global en constante cambio.

Linares y Gutiérrez (2001), identifican cuatro tendencias clave en el comercio mundial de tubérculos: mayor dinamismo, mayor participación de países en desarrollo, diversificación de oferta y demanda, y mayor rentabilidad del cultivo. Esto significa que el sector está creciendo, con más países involucrados y una oferta más diversa para satisfacer las distintas demandas del consumidor. Además, el cultivo de tubérculos se está tornando más rentable para los productores, generando mayores ingresos a medida que crece su demanda en los mercados internacionales.

Fluctuaciones en la Demanda y los Precios



La variabilidad en los mercados internacionales, causada por factores económicos o cambios en las preferencias de los consumidores, puede afectar la estabilidad de las exportaciones. Estos cambios presentan desafíos para los exportadores, quienes deben adaptarse a las nuevas demandas y condiciones del mercado global para mantener su competitividad. La capacidad de anticipar estas fluctuaciones y ajustar las estrategias de producción, precios y distribución es clave para mitigar los riesgos y asegurar el éxito a largo plazo:

La rentabilidad del cultivo de los tubérculos se ve afectada por la variabilidad en los precios, lo que complica la realización de estimaciones precisas debido a la inestabilidad del mercado, influenciado por factores de oferta y demanda. Esta situación también se observa en los mercados internacionales, donde las fluctuaciones entre periodos similares de distintos años reflejan importantes cambios en los precios, evidenciando la dificultad de prever el comportamiento del mercado. (Azofeifa y Solís, 2015, pp. 33-34).

En el ámbito nacional, la fluctuación en los precios de los tubérculos también ha sido notoria. Un ejemplo reciente es el caso de la papa en Costa Rica, cuyo precio experimentó un fuerte incremento en el primer trimestre de 2025, generando preocupación entre los consumidores y desafíos adicionales para los productores. Este tipo de fluctuaciones impacta a los agricultores, quienes deben ajustar sus costos de producción y comercialización, también impacta a los intermediarios y al mercado en general, lo que refuerza la necesidad de estrategias de mitigación para estabilizar la oferta y la demanda.

Ilustración 9

Fluctuación del Precio de la Papa

		— Primer reporte —		— Diferencia —	
		2024 (¢)	2025 (¢)	Absoluta (¢)	Relativa (%)
	Papa blanca	625	2 050	1 425	228,0%
	Papa amarilla	625	1 995	1 370	219,2%

Nota: Alvarado (2025).

Las fluctuaciones en la demanda de tubérculos pueden ser influenciadas por cambios económicos o en las preferencias de los consumidores, lo que genera inestabilidad en los mercados; esto resalta la importancia de contar con estrategias que ayuden a los agricultores a reducir los riesgos. Sembrar tubérculos implica una inversión significativa, lo que hace aún más crucial la gestión de estos altibajos, ante ello se deben establecer mecanismos de diversificación de mercados, ajustar los tiempos de cosecha según las tendencias de consumo y mejorar la eficiencia en la producción. Además:

Para la fabricación de un producto, para ejecución de un servicio y para la cosecha de una siembra es necesario incurrir en un costo. Todo producto o servicio incurre en un costo para su elaboración, es el desembolso económico que debe realizar la empresa o empresario, para la fabricación de sus productos o servicios. (Azofeifa y Solís, 2015, p. 14).

Entonces, los productores de tubérculos deben de estar pendientes y ser conscientes de la variabilidad del mercado de tubérculos y los diversos costos que conlleva cada una de las etapas del proceso productivo. Por ello, es fundamental que se desarrollen estrategias que les permitan adaptarse a las condiciones del mercado, ya sea diversificando cultivos, explorando nuevos canales de comercialización o, incluso, fortaleciendo alianzas que les brinden mayor seguridad en sus ingresos.

Acceso Limitado a Tecnología e Innovación

Un desafío importante en la exportación de tubérculos es el acceso limitado a tecnología e innovación, herramientas clave para mejorar la productividad y calidad del producto. La falta de tecnología avanzada puede dificultar la optimización de cultivos, reduciendo así la competitividad en el mercado global, mientras que el uso de tecnología en la agricultura ofrece ventajas como mayor productividad, reducción de costos, mejora en la calidad del producto y una mejor gestión de recursos.

Según Basf (2024), la combinación de ciencia y tecnología es ideal pues permite a los agricultores gestionar sus cultivos con mayor precisión, optimizando recursos y aumentando el rendimiento de las cosechas; además, la automatización de tareas y la optimización de la logística contribuyen en gran medida a la reducción de costos. Por último, el uso de tecnologías avanzadas asegura un control más estricto de las condiciones de cultivo, lo que mejora la calidad del producto final.

No obstante, el acceso limitado a todas estas tecnologías puede hacer que los productores queden rezagados en un mercado global cada vez más competitivo. Las tecnologías como los

sistemas de riego automatizados, el monitoreo de las condiciones del cultivo y el uso de herramientas avanzadas para el control de plagas optimizan la producción y permiten a los agricultores adaptarse rápidamente a los cambios en la demanda del mercado, pero no están al alcance de todos:

A menudo, los productores rurales no tienen acceso a tecnologías avanzadas que podrían aumentar la productividad y reducir los costos de producción. Es importante que el gobierno y las empresas privadas inviertan en investigación y desarrollo para brindar soluciones innovadoras a la agricultura (Agencia Agro, 2023, pág. 10).

Entonces, para que los productores puedan acceder a estas tecnologías y mejorar su competitividad, es muy importante un esfuerzo conjunto entre el sector público y privado. Además, la capacitación en el uso adecuado de estas tecnologías para que los productores puedan sacar el mayor provecho de estas tecnologías. Las tecnologías para la agricultura requieren de una inversión, pero vale la pena porque las ventajas a largo plazo y mayores oportunidades para ingresar a los mercados internacionales.

El Internet de las Cosas (IoT) en la Agricultura

Es importante definir que es IoT, este se refiere al internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés) y se trata de una red de dispositivos físicos interconectados que recopilan, comparten y analizan datos a través de internet para mejorar la eficiencia, optimizar procesos y facilitar la toma de decisiones en tiempo real. Esta tecnología permite la integración de sistemas y la comunicación entre dispositivos, lo que mejora significativamente la eficiencia de los procesos:

El IoT no es más que la interconexión de objetos, cosas, elementos cotidianos a la Internet, a través de diferentes tecnologías como son los dispositivos habilitados con la tecnología inalámbrica abierta como bluetooth, la identificación por radiofrecuencia (RFID), Wi-Fi y los servicios que brindan teléfonos inteligentes, así como sensores y actuadores

(dispositivos que permiten la manipulación y control) que están integrados a los objetos. (Mora, 2015, p. 22).

El IoT abarca dispositivos destinados a la automatización y monitoreo en sectores como la agricultura, la industria, la salud y la logística. Estos dispositivos resultan especialmente útiles para los productores, ya que mejoran la eficiencia operativa y optimizan los recursos, reduciendo los márgenes de error. Gracias al IoT, los agricultores pueden acceder a información en tiempo real sobre la producción, la logística y el mantenimiento, lo que les permite anticipar problemas, mejorar el rendimiento y responder de manera más ágil a las demandas del mercado:

Así, esta tecnología permitirá el crecimiento en el análisis de la información; el incremento de la interconexión entre máquinas y dispositivos inteligentes personales; la proliferación de aplicaciones que conectan las cadenas de suministro con los socios, proveedores y clientes; y el monitoreo y tiempo de respuesta mínimos de muchas de las acciones de los objetos. (Mora, 2015, p. 22).

El IoT es de gran ayuda para los productores agrícolas de tubérculos, ya que les permite gestionar sus cultivos de manera más eficiente, optimizar el uso de recursos como el agua y los fertilizantes y mejorar la calidad de los productos. Además, el uso de esta facilita el monitoreo constante de las condiciones ambientales, como la temperatura, la humedad y la calidad del suelo, lo que ayuda a tomar decisiones informadas y a prevenir pérdidas de las cosechas. Esta tecnología está conformada por tres componentes básicos que interactúan entre sí:

a) el hardware, como sensores, actuadores (dispositivos que controlan los sistemas) y otros dispositivos de comunicación alojados en los objetos; b) la plataforma de middleware, que es el software que permite el intercambio de información entre las aplicaciones, así como las herramientas computacionales que permitan el análisis de datos; y c) las herramientas que en forma fácil permitan la visualización e interpretación de la información

y que deben ser diseñadas para ser accedidas por diferentes aplicaciones y dispositivos. (Mora, 2015, p. 22).

Estos componentes trabajan de manera conjunta para garantizar que el IoT funcione de manera eficiente y cumpla con su propósito. Asimismo, los sensores recopilan la información del entorno, el software la procesa y analiza, y las herramientas de visualización permiten que los productores entiendan los datos y tomen decisiones rápidas, por lo que todos juegan un papel importante y tienen una función. Esto hace que el IoT sea una herramienta clave para mejorar la productividad, reducir costos y aumentar la calidad en el sector agrícola, ayudando a los productores a mantenerse competitivos en un mercado como el de hoy en día.

Principales Aplicaciones del IoT en la Agricultura

La incorporación del internet de las cosas en la agricultura ha revolucionado esta labor por la manera en la que se gestiona y optimizan los procesos de producción. Entre las principales aplicaciones del IoT en este sector se encuentran las plataformas que conectan dispositivos, los sensores de humedad y temperatura (para el monitoreo del suelo y el clima), los drones para la supervisión de cultivos, los sistemas de riego automatizados que se basan en datos precisos, entre otros.

Plataformas

Las plataformas son softwares o los sistemas de control donde llegan todos los datos de los sensores y dispositivos que se usan en el campo, como los que miden la humedad, la temperatura o el estado de los cultivos, estas plataformas ayudan a los agricultores a entender mejor la información y a tomar decisiones rápidas y precisas. Por ejemplo, permiten saber cuándo regar, prevenir plagas o planificar las cosechas, todo desde un celular o computadora, lo cual permite que el trabajo sea más fácil, eficiente y accesible. Entonces:

El Internet de las Cosas en la agricultura se refiere al uso de sensores y dispositivos inteligentes conectados a internet para recopilar datos sobre el estado de los cultivos, el

clima, el suelo y otros factores ambientales. Estos datos se procesan en plataformas en línea para que los agricultores puedan tomar decisiones más informadas y en tiempo real, optimizando sus recursos y reduciendo el desperdicio. (Agrotech, 2024, pár. 2).

Por lo tanto, las plataformas son de gran relevancia porque su trabajo se basa en interconectar todos los dispositivos y sensores utilizados en el campo, lo que permite que la información recopilada sea procesada y se muestre de manera clara y comprensible para los agricultores. Gracias a esto, es posible tener mayor acceso a datos, optimizar los procesos agrícolas, aumentar la productividad y reducir los costos, todo esto contribuye a una agricultura más sostenible y competitiva.

Redes

En cuanto a las redes, conforman la infraestructura que conecta los dispositivos y sensores, permitiendo la transmisión de datos entre ellos; estas incluyen tecnologías como Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, LoRaWAN, redes celulares (4G/5G), entre otras. Su función principal es garantizar que los datos recopilados por los sensores lleguen al lugar donde se procesarán, estas “permiten conectar diferentes dispositivos para que funcionen como un gran organismo. La maquinaria agrícola, los drones, los sensores y los satélites se conectan y combinan los datos en tiempo real para rastrear cualquier tipo de anomalía”. (BASF, 2022, pár. 5).

Ilustración 10

Redes de IoT para la Agricultura



Nota: Agudelo (2021).

Por lo tanto, las redes actúan como un puente que une los componentes del sistema, gracias a ellas, los datos recopilados por los sensores y dispositivos llegan a las plataformas de análisis, este proceso permite que los agricultores puedan supervisar sus cultivos, identificar posibles problemas y tomar medidas preventivas o correctivas inmediatamente. Sino se cuenta con una red eficiente, la interconexión entre los dispositivos no es posible, lo que limita los beneficios del IoT en este sector.

Es importante que el sector de la agricultura cuente con tecnologías de redes adecuadas y de gran alcance que funcionen bien incluso en áreas rurales o remotas donde la infraestructura tecnológica puede ser limitada y diversos obstáculos puedan interferir en su funcionamiento. Por ello, estas tecnologías deben ser capaces de garantizar una conectividad estable y continua, independientemente de factores como la distancia, el clima o las características del terreno, para así obtener el mayor provecho del IoT.

Sensores

Por otra parte, los sensores de humedad y temperatura son dispositivos de suma importancia en la implementación del internet de las cosas en la agricultura, ya que estos cumplen una función esencial al permitir monitorear en tiempo real las condiciones del suelo y el ambiente que interfieren con el crecimiento y bienestar de los cultivos. Además, otorgan datos precisos sobre el nivel de humedad en el terreno, la temperatura del aire y del suelo, y otros elementos climáticos que son fundamentales para el desarrollo óptimo de los cultivos.

Gracias a los sensores, los agricultores pueden saber cuándo el suelo necesita riego, esto es muy importante porque así no se desperdicia agua y se les brinda la hidratación adecuada a las plantas solo cuando es realmente necesario. Además, los sensores brindan información sobre los cambios climáticos repentinos, esto permite que se tomen las medidas preventivas adecuadas para proteger siempre los cultivos; dicha tecnología mejora la eficiencia del uso del agua y ayuda a minimizar los riesgos asociados con condiciones climáticas adversas.

Uno de esos sensores es el “Sensor de temperatura DHT22, un sensor digital que, como su nombre lo indica, se encarga de medir la temperatura y la humedad del ambiente, siendo su rango de medición de -40°C a 80°C con precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ”. (Laverde y Laverde, 2021, p. 6). Al estar conectados a plataformas digitales, envían datos en tiempo real sobre la temperatura y la humedad que hay, lo que permite a los agricultores monitorear las condiciones ambientales de sus cultivos y así mejorar la calidad de los cultivos.

Ilustración 11

Sensores DHT22



Nota: TecnoyFoto, (2024).

En este sentido, los sensores pueden llegar a ser un gran aliado de los agricultores, pues las decisiones que tomen respecto a sus cultivos van a tener una justificación precisa, lo cual, sin duda, incrementa la eficiencia y la productividad en el sector agrícola. Además, ayuda a prevenir posibles pérdidas de cultivos que puedan ocurrir debido a condiciones ambientales desfavorables o al uso ineficiente de los recursos. Asimismo, otro de los sensores que destaca por su funcionalidad y precisión es:

Sensor DFROBOT SEN0114. Este sensor análogo se encarga de medir la humedad presente en el suelo, que con la ayuda de sus dos electrodos lee la resistencia que pasa a través del suelo y, a menor resistencia hay mayor cantidad de agua, mientras que si el suelo está seco hay mayor resistencia. (Laverde y Laverde, 2021, p. 7).

Este sensor es muy exacto, es decir, otorga una gran precisión en los datos, además de que ayudar a no desperdiciar agua y evita que las plantas tengan exceso de humedad, lo cual es muy importante para evitar enfermedades, ya que “si se prolonga el riego el suelo tiende a saturarse por el exceso de agua y eso reduciría la falta de oxígeno y por lo consiguiente mataría a la planta”. (Laverde y Laverde, 2021, p. 11). Por ello, esta herramienta contribuye a la sostenibilidad de la agricultura.

Drones

De la misma manera, otra herramienta del IoT que los agricultores pueden utilizar para optimizar sus siembras son los drones para monitoreos de los cultivos. Para ello, existen varios tipos de drones utilizados en la agricultura que benefician a los agricultores, a saber: “drones de ala fija, drones de ala rotatoria, drones híbridos y drones de despegue y aterrizaje vertical. Cada tipo de dron tiene ventajas y desventajas en función de la tarea que se vaya a realizar”. (Bayona y Arboleda, 2023, p. 21).

Los drones son una herramienta útil para los agricultores, son capaces de reducir el tiempo de trabajo humano y mejorar la precisión de algunas tareas como la supervisión de cultivos, la aplicación de insumos agrícolas y la detección temprana de problemas en el terreno; por otro lado: “Su adopción en este sector contribuye al incremento en la eficiencia, sostenibilidad y rentabilidad de la agricultura”. (Bayona y Arboleda, 2023, p. 9). Gracias a su capacidad para capturar imágenes aéreas, se identifican áreas afectadas por plagas, enfermedades o falta de nutrientes, lo que facilita una intervención oportuna y localizada. Por ello:

Los drones, también conocidos como vehículos aéreos no tripulados (UAV), han demostrado ser una tecnología muy prometedora en la industria agrícola (...) ofrecen una solución efectiva y económica para monitorear los cultivos, evaluar las condiciones climáticas y realizar tareas de pulverización. Además, los drones son capaces de cubrir grandes extensiones de tierra en poco tiempo, lo que los convierte en una opción rentable para las operaciones agrícolas. (Bayona y Arboleda, 2023, p. 12).

Los drones son versátiles y pueden adaptarse a varios usos, según Bayona y Arboleda (2023) algunos de los beneficios son: la mejora de la eficiencia (reducen el tiempo y el costo del monitoreo), disminución de los costos en personal y equipo, mejora de la precisión, cartografía y mapeo, menor impacto ambiental al aplicar con precisión los productos químicos para el tratamiento de plagas y enfermedades, esto puede reducir el impacto ambiental asociado a la agricultura y, por último, ayuda a la inspección de infraestructuras agrarias. Cabe mencionar que los drones de agricultura:

Están equipados con una variedad de tecnologías, incluyendo cámaras, sensores, GPS y software de análisis de datos. Las cámaras se utilizan para capturar imágenes de los cultivos y los sensores pueden medir la temperatura, la humedad, la presión y otros factores ambientales. El GPS permite que los drones se muevan con precisión sobre el campo y se comuniquen con otros dispositivos, y el software de análisis de datos ayuda a los agricultores a comprender la información recopilada. (Bayona y Arboleda, 2023, p. 12).

Esta tecnología es de gran utilidad para los agricultores, ya que, según Bayona y Arboleda, (2023) el uso de drones puede aumentar el rendimiento del cultivo en un 30% en comparación con los métodos tradicionales que resultan más lentos e ineficientes. Además, esta herramienta para la aplicación de pesticidas puede reducir el costo en un 85% y mejorar la eficiencia hasta un 60%. Estos datos indican que realmente estos avances son valiosos en un contexto donde la demanda de alimentos sigue creciendo y los estándares para entrar el mercado internacional son muy estrictos

Ilustración 12

Drones y Controladores Biológicos en la Agricultura



Nota: Procomer (2021).

Riego automatizado

De la misma manera, otra herramienta del IoT recomendable para que los agricultores optimicen sus siembras son los sistemas de riego automatizados. Según González (2007), estos sistemas emplean sensores de humedad, temperatura y otros parámetros ambientales para ajustar automáticamente la cantidad de agua que se aplica a los cultivos. El uso de estos sistemas permite un riego más preciso y eficiente, evita el desperdicio de agua y garantiza que las plantas reciban la cantidad adecuada para su crecimiento, pues las riega solo cuando de verdad necesita el agua.

Según Guijarro, Cevallos, Preciado y Zambrano (2018), un sistema de riego automatizado incluye varios componentes clave: un controlador o temporizador para programar los horarios y duraciones del riego, sensores de humedad que monitorean el suelo, y válvulas que regulan el flujo de agua. Los aspersores distribuyen el agua sobre las plantas, las tuberías y cables transportan el agua; además, una bomba de agua asegura el traslado del recurso desde la fuente hasta las plantas. Todo esto funciona en conjunto para optimizar el riego y el uso del agua.

El proceso para colocar el riego automatizado, según González (2007), consiste en colocar el sensor de humedad enterrándolo en el suelo, luego, este sensor detecta si el nivel de humedad es

mayor o igual a un 70%, lo cual es aceptable, pero si es menor a un 70%, entonces se envía una señal automática que activa una electroválvula y deja pasar el flujo de agua. Mientras el agua fluye, un sensor de flujo mide cuántos litros de agua están pasando por el sistema y el volumen total que se ha utilizado; luego, el agua llega a un aspersor que la distribuye por la tierra, regando las plantas.

Además, estos sistemas pueden ser controlados de forma remota a través de aplicaciones o plataformas digitales, lo que facilita la supervisión del agricultor. Por lo tanto, posibilitan unas plantas saludables a la vez que se reduce el esfuerzo del agricultor, especialmente en grandes extensiones de terreno, reduciendo el esfuerzo y el tiempo necesarios para su manejo, lo que se traduce en aumento de la eficiencia y permiten una mejor distribución de los recursos.

Ilustración 13

Sistema de Riego Controlado desde Celular, Tablet o Computadora



Nota: Bioagro (2025).

Seguimiento y Trazabilidad

Otra herramienta importante del IoT es el seguimiento y trazabilidad de los productos, estos son sistemas muy útiles que permiten al exportador monitorizar y registrar todo el proceso de un bien desde el lugar donde sale hasta su destino final, esto es sumamente importante para asegurarse

de que llegue bien. Mediante el uso de sensores inteligentes, etiquetas RFID o códigos de barras, es posible rastrear la ubicación, las condiciones de almacenamiento y otros parámetros clave:

Esta función es esencial para garantizar la calidad, autenticidad y seguridad de los productos, así como para cumplir con los requisitos regulatorios. Soluciones como los sistemas de gestión de inventario basados en la nube y las plataformas de trazabilidad blockchain ofrecen una visibilidad completa sobre el origen y el recorrido de los productos. Esto no solo aumenta la confianza del consumidor, sino que también facilita la respuesta ante posibles problemas de calidad o seguridad. (Intralogistics, 2024, pár. 8).

Este sistema es sumamente importante, sobre todo en la agricultura y la industria de alimentos, porque los productos deben mantenerse en condiciones específicas para preservar su calidad y evitar que se dañen. También, esta tecnología ayuda a mejorar la seguridad alimentaria, porque al momento de llegar al destino, la carga debe cumplir con las normativas de calidad y sanidad que se exigen. Entonces, si se detecta un problema (como un fallo en la temperatura de almacenamiento), el sistema puede alertar a los responsables y permitirles tomar decisiones. Adicionalmente:

Las tecnologías de seguimiento son el motor que impulsa la eficiencia en la logística moderna. Desde los tradicionales códigos de barras hasta las más avanzadas soluciones basadas en RFID y localización en tiempo real, son muchas las herramientas disponibles para monitorear el movimiento de los productos. (Intralogistics, 2024, pár. 6).

Estas tecnologías funcionan monitoreando el movimiento y las condiciones de los productos en tiempo real, usando herramientas como códigos de barras, etiquetas o sistemas de localización que registran datos relevantes. Otro ejemplo de esta tecnología son los sensores que se colocan en los contenedores de transporte, estos cumplen con la función de alertar sobre

cualquier tipo de cambio en la temperatura que pueda afectar los productos durante el tiempo de la transportación.

Ilustración 14

Proceso de Trazabilidad de los Productos con Sistemas de IoT



Nota: Careaga (2017).

En síntesis, las aplicaciones del IoT son herramientas que transforman la agricultura y ofrecen soluciones tecnológicas que permiten una gestión más eficiente y sostenible. Desde sensores de humedad y temperatura que mejoran el uso del agua, hasta drones que facilitan el monitoreo y mantenimiento de los cultivos, todas estas innovaciones son beneficiosas para los agricultores, en especial aquellos que quieren exportar sus productos y deben cumplir con los estándares de calidad que exige el mercado extranjero.

Futuro del IoT en la Agricultura

El Internet de las Cosas (IoT) ha transformado la agricultura al permitir la recopilación y análisis de datos en tiempo real para mejorar la toma de decisiones. Gracias a todos los beneficios del IoT en el futuro, se prevé que esta tecnología continúe evolucionando, con desarrollos clave en sensores avanzados, inteligencia artificial (IA), conectividad mejorada y automatización. En este contexto, la eficiencia se convierte en un factor determinante para el futuro de la agricultura:

El argumento a favor de una revolución agrícola digital se centra en la eficiencia. En el contexto de una escasez de recursos cada vez mayor, una población en crecimiento requiere un incremento drástico en la producción de alimentos sin mucho margen para expandir el área cultivada. Por lo tanto, la única solución es incrementar drásticamente las cosechas al mismo tiempo que se minimizan los recursos utilizados; algo que la agricultura digital supuestamente puede lograr. (Chancellor, s.f. p. 8).

Por ello, se espera que en el futuro el IoT siga expandiéndose y facilitando nuevas soluciones para los pequeños y grandes agricultores. Desde sistemas que alerten sobre el mejor momento para sembrar y cosechar hasta dispositivos que optimicen el riego y el uso de fertilizantes, toda esta tecnología ayudará a hacer más eficiente la producción de alimentos. Además, con la integración de inteligencia artificial, los agricultores podrán adaptarse mejor a los cambios climáticos y a la demanda del mercado.

Todos estos avances pueden ser de mucho provecho en el sector de la agricultura, ya que significan un ahorro de inversión y pueden prevenir las pérdidas de dinero; además, el uso de estas tecnologías permite una gestión más sostenible de los recursos naturales. En este sentido se espera que en el futuro haya “Menores costos de mano de obra, agua, fertilizantes artificiales y pesticidas, en conjunto con mejores cosechas, suponen mayores ganancias para los agricultores”. (Chancellor, s.f. p. 8).

De la misma manera, se espera que en el futuro el IoT contribuya a reducir el impacto ambiental de la agricultura. Actualmente, muchas prácticas agrícolas pueden afectar negativamente al medioambiente, ya sea por el uso excesivo de agua, la aplicación descontrolada de fertilizantes y pesticidas o la degradación del suelo. Sin embargo, con la ayuda de sensores inteligentes y sistemas de monitoreo en tiempo real, los agricultores podrán optimizar el uso de estos recursos, aplicándolos solo cuando sean realmente necesarios; además:

Una mayor economía de recursos también se presenta como una manera de reducir la carga ambiental, por ejemplo, minimizando la huella hídrica o aplicando fertilizantes o pesticidas en el momento adecuado. También se están desarrollando robots desbrozadores como una manera de reducir la aplicación de herbicidas. (Chancellor, s.f. p. 8).

Todos estos avances plantean un futuro donde la agricultura será más sostenible, es decir, donde la producción será más eficiente, tomando en consideración la conservación de la biodiversidad al reducir la contaminación y hacer que el suelo se mantenga fértil por más tiempo. Gracias al IoT y a otras tecnologías, los agricultores podrán cuidar mejor la tierra, usar menos químicos y aprovechar mejor el agua, logrando un equilibrio entre lo que se necesita hoy y lo que se debe proteger para el mañana:

El cambio climático es real y complica la producción, entonces el agricultor tiene que optar por otras medidas que le permitan adaptarse y reducir el impacto que tiene sobre el ambiente, como la producción en ambientes protegidos, la producción con riego, la optimización de sistemas de hidroponía, etc. (TEC, 2017, p. 20).

Por ello, el uso del IoT es una alternativa amigable con el ambiente al reducir el desperdicio de recursos. A medida que los agricultores adopten estas tecnologías, podrán minimizar el desperdicio de agua, mermar el uso de productos químicos y mejorar la calidad de los suelos de cultivos, garantizando una producción sostenible a largo plazo. Además, el acceso a información en tiempo real permitirá a los agricultores tomar decisiones más precisas, por ejemplo, en lugar de regar un campo entero de manera uniforme, los sensores podrán identificar qué zonas necesitan más agua y cuáles no, evitando así el desperdicio. Sobre esto, se indica que:

El aumento de la resistencia de los cultivos tiene que venir de la mano, según ambos entrevistados, de fincas que apliquen métodos de cultivo más sostenibles que permitan

avanzar hacia una producción ecológicamente responsable que se preocupe por el suelo, el agua, la fertilización natural y el manejo de los desechos. (TEC, 2017, pág. 21).

Otro aspecto clave será la automatización de procesos, pues gracias al IoT, muchas tareas que antes requerían un gran esfuerzo físico y humano podrán realizarse de manera automática. Por ejemplo, los sistemas de riego inteligente podrán activarse según la humedad del suelo, los drones podrán monitorear el estado de los cultivos, entre otros. Por ello, estos avances también traerán beneficios económicos para el futuro de los agricultores; además, la implementación de estas tecnologías facilitará la producción de alimentos de mayor calidad, lo que podría mejorar la competitividad en los mercados nacionales e internacionales.

En definitiva, los dispositivos de IoT están cambiando la agricultura como se conocía, se espera que para el futuro “crezca a más de 18 mil millones de dólares para 2026. Los gobiernos de todo el mundo también apoyan este cambio, brindando incentivos para adoptar IoT en la agricultura”. (Bowen, 2024, pág. 2). Para ello, es necesario el apoyo de entes gubernamentales para que los agricultores paulatinamente puedan adaptar estas tecnologías a su trabajo y obtener los mejores beneficios, es decir, una agricultura más productiva y sostenible con el medio ambiente.

Además, se estima que: “la población mundial alcanzará casi los 10 mil millones en 2050, lo que requerirá una mayor productividad agrícola. La industria agrícola recurre cada vez más a las tecnologías de IoT para satisfacer esta creciente necesidad”. (Bowen, 2024, pág. 6). Por ello, es fundamental que la transición a la tecnología en el área de la agricultura ocurra desde ya, pues la demanda alimentaria va a ser mayor cada vez y satisfacer esta demanda dependerá de la eficiencia y sostenibilidad que las tecnologías le puedan brindar a la agricultura.

Asimismo, algunas de las tendencias emergentes para el futuro del IoT requieren de la integración de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, pues “Estos sistemas pueden analizar grandes cantidades de datos para optimizar la productividad y el uso de los recursos, lo que hace que las operaciones agrícolas sean más eficaces e informadas que nunca”. (Bowen, 2024, pág. 18). Esto significa que la IA y el aprendizaje automático permitirán que los agricultores tomen

decisiones más precisas, basadas en patrones y predicciones que contribuirán a una mejor gestión de los recursos y productividad.

Otra de las tendencias emergentes es el *blockchain* para la trazabilidad, la cual es una tecnología que se espera que crezca en el futuro para ayudar a mejorar la transparencia de la cadena de suministro, se observa que “Esta aplicación garantiza que cada paso desde la granja hasta la mesa quede registrado y sea verificable, satisfaciendo así la creciente demanda de transparencia en la producción de alimentos por parte de los consumidores”. (Bowen, 2024, pág. 19). Este avance permitirá a los consumidores conocer el origen de los productos que compran y la calidad de los productos, lo que genera más confianza para todos los consumidores.

De la misma manera, otra de las tecnologías emergentes del IoT son los tractores autónomos y drones, estos dispositivos revolucionan la manera en que se realizan las labores agrícolas, ya que permiten llevar a cabo tareas como la siembra, el monitoreo de cultivos y la aplicación de fertilizantes o pesticidas de manera más precisa y eficiente. Los tractores autónomos, por ejemplo, pueden trabajar de forma continua sin la necesidad de un conductor, lo que reduce los costos de mano de obra y optimiza el uso de tiempo y recursos:

El futuro de la agricultura será testigo de avances significativos con la introducción de tractores autónomos y drones. Estas tecnologías automatizan procesos clave como la siembra, el monitoreo y la cosecha, introduciendo un nivel de precisión y eficiencia que antes no se podía alcanzar con las prácticas agrícolas tradicionales. (Bowen, 2024, pág. 20).

Esto significa que los agricultores podrán realizar tareas de manera más eficiente, ahorrando mucho tiempo y también recursos valiosos. Los tractores autónomos pueden trabajar durante horas sin la necesidad de un operador, mientras que los drones pueden proporcionar datos aéreos detallados que mejoran la toma de decisiones en cuanto a riego, fertilización y monitoreo general de los cultivos. Estas innovaciones permitirán a los agricultores mejorar la producción, reducir costos operativos y aumentar el rendimiento de las cosechas.

Ilustración 15

Tractor Autónomo de IoT



Nota: Hernández (2016).

Entonces, el futuro del internet de las cosas en la agricultura es muy prometedor, puesto que representa el progreso continuo en la automatización, la inteligencia artificial, el *blockchain* y tecnologías como los tractores autónomos y drones, estas herramientas transformarán poco a poco la manera en que se cultivan los alimentos. Sin duda, el IoT y todos sus avances prometen jugar un papel esencial en la creación de un futuro agrícola más productivo y también respetuoso con el medio ambiente.

Desafíos del IoT en la Agricultura

Se ha explicado a profundidad que el IoT trae consigo grandes beneficios a la agricultura, sin embargo, otro lado que se debe tomar en consideración es que la aplicación de estas tecnologías enfrenta varios desafíos que pueden dificultar su implementación. Estos retos van desde problemas técnicos hasta limitaciones económicas y de conocimiento; la falta de infraestructura adecuada, los costos iniciales elevados y la necesidad de capacitación para el uso de estas herramientas son factores que pueden retrasar su adopción.

Además, algunas cuestiones como la seguridad de los datos y la resistencia al cambio en el sector agrícola también influyen en la integración del IoT de manera correcta. Por lo tanto, abordar

y explicar estos retos es esencial para que los agricultores puedan aprovechar al máximo las ventajas de esta tecnología y puedan mejorar la eficiencia de sus procesos, ya que esta tecnología logra ser de gran provecho y contribuir al desarrollo de una agricultura más sostenible y productiva.

Desafíos de Conectividad

Entre las principales barreras que enfrenta la implementación del internet de las cosas en el sector agrícola se encuentra la falta de una conexión a internet que sea confiable, esto puede resultar problemático en zonas rurales, como por ejemplo algunas áreas de la Zona Huetar Norte, donde la infraestructura de telecomunicaciones es limitada o inexistente: “Sin una conexión confiable, los dispositivos IoT no pueden cumplir su propósito de optimizar las operaciones”. (Agrotech, 2024, pág. 5).

Esto quiere decir que, si bien la tecnología está disponible, muchos agricultores no pueden aprovecharla al máximo porque simplemente no tienen un buen acceso a internet por la zona donde viven o por otras razones. Esto es un gran problema pues sin una conexión estable, los sensores y dispositivos no pueden enviar ni recibir información en tiempo real, lo que limita su utilidad, lo cual afecta la eficiencia de los cultivos y puede hacer que los agricultores duden en invertir en estas herramientas, ya que, sin internet, su funcionamiento se vuelve poco confiable.

La tecnología inalámbrica se utiliza en aplicaciones de IoT, esta “Permite una conectividad simple y rápida para dispositivos de corto alcance. Sin embargo, el Wi-Fi consume una cantidad considerable de energía. Este problema limita la autonomía de los dispositivos IoT”. (Jiménez, 2023, párr. 14). En la agricultura, el uso de Wi-Fi en dispositivos IoT puede ser muy útil, pero también tiene sus desventajas: aunque ofrece una conexión rápida, su alto consumo de energía puede ser un problema, especialmente en lugares donde los sensores necesitan funcionar por largos periodos sin recarga.

Por eso, es importante elegir la tecnología de conexión más adecuada según las necesidades o disposiciones del lugar específico, pues se deben considerar factores como el alcance de la señal, el consumo de energía y la disponibilidad del internet en las áreas rurales, por ejemplo, en la Zona

Huetar Norte. Entonces, esta es una de las desventajas del IoT, ya que, en regiones con acceso limitado a internet, la recopilación y análisis de información se vuelve más difícil, esto reduce la eficiencia y el impacto de esta tecnología que depende de la conectividad a la red.

Según Bodhe (2023), el internet de las cosas en la agricultura puede resultar negativo porque requiere una conectividad de red que sea confiable y duradera, además, los agricultores se vuelven dependientes solo de la tecnología IoT y pueden enfrentar interrupciones en sus operaciones si experimentan problemas de conectividad de red o ataques cibernéticos. Lo anterior quiere decir que, si la conexión a internet falla o hay un problema de seguridad, toda la operación puede verse afectada.

Por ende, los agricultores dependen de estos sistemas para monitorear sus cultivos, gestionar el riego o incluso controlar la maquinaria; si algo falla, podrían perder información valiosa o tomar decisiones equivocadas. Por eso, aunque el IoT ofrece muchos beneficios, también es importante tener en cuenta desventajas como estas y desarrollar un plan alternativo para evitar problemas cuando la tecnología no funcione como se espera, ya que confiar completamente en esta sin considerar sus posibles fallas puede generar riesgos en la producción agrícola.

Además de ello, específicamente en la Región Huetar Norte la conectividad es mucho menor en comparación con otras zonas del país. Al respecto, según el Programa Sociedad de la Información y el Conocimiento (Prosic) de la Universidad de Costa Rica, la Región Huetar Norte presenta uno de los porcentajes más bajos de hogares con acceso a Internet en el país; esta situación contrasta con la Región Central, que muestra los niveles más altos de conectividad. Lo anterior evidencia una brecha digital significativa entre las diferentes regiones de Costa Rica.

Esto sin duda es un desafío para la implementación del IoT en la agricultura en zonas como la Región Huetar Norte, ya que la falta de una conexión a Internet confiable y estable puede dificultar el funcionamiento adecuado de los dispositivos. Esto también puede generar dudas en los agricultores sobre la viabilidad de invertir en esta tecnología, pues el no contar con una conectividad constante podría comprometer la efectividad de las herramientas en sus cultivos. Sin

duda, esta falta de acceso a Internet se convierte en una barrera clave para el uso adecuado del IoT en la agricultura de la región.

Desafíos de Infraestructura Adecuada

Otro de los desafíos clave para la implementación del IoT en la agricultura es la falta de una infraestructura adecuada. El IoT, al depender de una red de sensores y dispositivos interconectados, requiere de una infraestructura que sea resistente en términos de conectividad y de hardware para su funcionamiento. Sin embargo, en muchas áreas rurales, como la Región Huetar Norte, la infraestructura tecnológica es limitada o inexistente, lo que hace más complicado implementar soluciones basadas en IoT.

Por lo tanto, desde el suministro eléctrico hasta la falta de una cobertura de red adecuada, estos problemas pueden afectar directamente el rendimiento de los sistemas del IoT, lo que impide que los agricultores aprovechen todo su potencial al máximo. Entonces, sin la infraestructura necesaria, las tecnologías IoT no pueden operar de manera efectiva, lo que limita su adopción y éxito en el sector agrícola. Por ello, la infraestructura idónea es uno de los desafíos del IoT en la agricultura.

En este sentido, uno de los principales obstáculos en la adopción de la agricultura de precisión es la carencia de infraestructura tecnológica adecuada en ciertas áreas rurales. A pesar de que varios países han avanzado en la implementación de tecnologías de información y comunicación, en algunas zonas rurales persisten problemas con el acceso a internet y electricidad, lo que restringe la capacidad de los agricultores para aprovechar estas herramientas. (Agrotendencia, 2024).

Sin una infraestructura adecuada, muchos agricultores no pueden aprovechar al máximo las tecnologías que el IoT ofrece, en especial en una zona como la Huetar Norte del país, pues la falta de acceso a servicios básicos como internet o electricidad hace que incluso las herramientas más avanzadas sean inútiles. Si no hay una conexión estable o un suministro de energía confiable, los

dispositivos IoT no podrán funcionar correctamente, lo que frena la eficiencia que se podría lograr en las actividades agrícolas.

La adopción de nuevas tecnologías en zonas rurales, como la Región Huétar Norte, es un desafío importante. Según Salas (2018), la región presenta una de las tasas más bajas de hogares con acceso a Internet en el país, lo que dificulta la adopción de tecnologías digitales en la zona. Además, la escasez de planificación y recursos destinados a la educación y capacitación tecnológica en la región significa a una menor disposición y capacidad para integrar nuevas tecnologías en las prácticas agrícolas. La falta de programas de formación impide que los agricultores aprovechen estas herramientas tecnológicas.

Estos factores crean una brecha digital que obstaculiza el progreso y la competitividad de la agricultura en la Región Huétar Norte, lo que limita su capacidad para adaptarse a las demandas del mercado de exportación y los avances tecnológicos. Por ende, sin una mejora en la infraestructura, será complicado que los agricultores de la Región Huétar Norte puedan sacar el máximo provecho de las tecnologías IoT, además, esto los puede poner en desventaja frente a otras regiones del país.

Ilustración 16

Método de Agricultura Tradicional en la Zona Huétar Norte



Nota: Quesada (2024).

Esta falta de infraestructura también puede afectar en general a la zona en términos de innovación y competitividad agrícola. Si no se resuelven estos problemas, la región seguirá quedando atrás en la implementación de tecnologías como las del IoT que podrían mejorar significativamente la productividad y sostenibilidad de sus cultivos. Por ello, se requiere de un trabajo en conjunto y de la ayuda gubernamental para que en zonas como la Huetar Norte se pueda sacar el máximo provecho de las tecnologías IoT y no estén en desventaja frente a otras regiones del país.

Desafíos de Costos de Implementación

Uno de los mayores desafíos para la implementación del IoT en la agricultura son los costos asociados con la adopción de estas tecnologías. Los agricultores, especialmente aquellos en zonas rurales y de menor capacidad económica, enfrentan una barrera importante debido al alto costo inicial de los equipos y los dispositivos necesarios para la agricultura. Estos costos incluyen sensores, plataformas de monitoreo, sistemas de automatización y otros dispositivos interconectados que permiten que las tecnologías IoT operen de manera efectiva.

Por lo tanto, para muchos agricultores estos gastos pueden resultar muy altos, lo que hace que la adopción de IoT se vea como una inversión de alto riesgo, es decir, es incierto si se va a recuperar el dinero de la inversión. Aunque los beneficios a largo plazo, como el aumento de la productividad, la optimización de recursos y la mejora en la sostenibilidad pueden justificar la inversión, el costo inicial puede ser un obstáculo significativo que hace dudar a los agricultores si invertir o no.

Ilustración 17

Ejemplo de IoT en la Agricultura Mediante Drones de Última Tecnología



Nota: DPL News (2024).

Además, la falta de financiamiento o acceso a créditos asequibles en algunas regiones hace que sea aún más difícil asumir esta inversión en un principio. Aunado a ello, según la página de Agrotendencia (2024), debe sumarse la falta de confianza en la tecnología, de hecho, muchos agricultores todavía tienen dudas sobre la efectividad de la agricultura de precisión y el Internet de las cosas por eso necesitan más pruebas y testimonios de agricultores que hayan tenido éxito con estas tecnologías.

Por esta razón, la adopción del IoT en la agricultura no es algo sencillo ni inmediato, requiere un proceso de estudio y análisis por parte de los agricultores para identificar si el costo inicial es viable y que ellos mismos puedan ver cómo estas tecnologías pueden ser efectivas en sus propias operaciones. Muchos agricultores aún sienten incertidumbre porque no conocen casos cercanos o experiencias positivas que los convenzan de que la inversión vale la pena y tienden a ser cautelosos al cambiar prácticas tradicionales que han usado durante años.

Esta alta inversión inicial plantea una barrera significativa, ya que los agricultores deben estar convencidos de que la tecnología IoT realmente generará beneficios a largo plazo. Como señala Bodhe (2023), “estos costos pueden resultar prohibitivos para las explotaciones agrícolas

más pequeñas o los agricultores de los países en desarrollo, lo que limita su capacidad para adoptar esta tecnología”. (pár. 27). Entonces, esta incertidumbre puede hacer que los cultivadores duden de la rentabilidad de la inversión, especialmente cuando no tienen garantías de los beneficios.

Esta alta inversión inicial plantea una barrera, ya que los agricultores deben estar convencidos de que la tecnología IoT realmente generará beneficios. Como señala Bodhe (2023), “estos costos pueden resultar prohibitivos para las explotaciones agrícolas más pequeñas o los agricultores de los países en desarrollo, lo que limita su capacidad para adoptar esta tecnología”. (pár. 27). Dicha incertidumbre puede hacer que los agricultores dudan de la rentabilidad del proyecto, especialmente cuando no tienen garantías claras de que los beneficios que promete el IoT superarán el desembolso inicial.

Desafíos de Necesidad de Capacitación para los Agricultores

Otro desafío importante para implementar el IoT en la agricultura es la necesidad de capacitación y educación para los agricultores. Muchas de las tecnologías que se están introduciendo requieren habilidades y conocimientos nuevos, lo que puede ser una barrera significativa. Sin la formación adecuada, los agricultores pueden sentirse inseguros o incapaces de aprovechar al máximo estas herramientas, lo que dificulta la adopción de nuevas tecnologías en sus prácticas agrícolas.

Al respecto, la falta de conocimiento técnico puede ser un factor que impida que los agricultores opten por utilizar tecnología IoT para su labor, ya que esto les requeriría tiempo e inversión para aprender a utilizar esta tecnología o contratar a personas que sepan cómo utilizar estas herramientas; “Muchos agricultores no están familiarizados con las nuevas tecnologías y, por lo tanto, tienen dificultades para comprender cómo estas pueden mejorar sus procesos productivos”. (Agrotendencia, 2024).

Por ende, la falta de formación puede generar desconfianza en los agricultores, ya que el uso inadecuado de la tecnología podría traer más problemas que soluciones. En este sentido, es fundamental que las iniciativas de capacitación se adapten a las necesidades locales y que se

considere el contexto y las características de quienes cultivan, para que puedan integrar estas nuevas herramientas de manera efectiva y con confianza, sin cometer errores en el proceso.

Aunque los obstáculos para la transferencia tecnológica en la agricultura pueden ser superados con políticas públicas que ofrezcan financiamiento accesible para la compra de equipos, la tecnología por sí sola no asegura su adopción. Es fundamental implementar programas de apoyo técnico que enseñen a los agricultores a utilizar correctamente estas herramientas, generando confianza en la innovación. Asimismo, es importante tratar la falta de conocimiento tecnológico y la resistencia al cambio que aún persisten en algunas comunidades agrícolas del país. (Varas, 2024).

Además de ello, la resistencia al cambio es un factor que también juega un papel importante en la adopción del IoT en la agricultura. Los agricultores, acostumbrados a métodos tradicionales, pueden mostrar reticencia relacionada con la incertidumbre sobre los beneficios reales de la tecnología o el miedo a no saber cómo manejar correctamente las nuevas herramientas. Por ello, dar el paso a la tecnología de IoT en la agricultura puede ser percibido por ellos como un riesgo, lo que significa que, además de la capacitación técnica, se necesita un enfoque que promueva un cambio cultural en las comunidades agrícolas.

En este sentido, promover el IoT como una práctica innovadora para los cultivos del futuro implica superar varias barreras que incluyen la inversión necesaria para la transición tecnológica, por ejemplo: la creación de un lenguaje común para estas tecnologías, la expansión de la conectividad a las zonas rurales y la implementación de programas educativos dirigidos a los pequeños productores, con el fin de facilitar la adopción del IoT y lograr una agricultura que sea más resiliente y eficiente. (Varas, 2024).

Todo ello implica que, para que la integración del IoT en la agricultura sea exitosa, es importante que los programas de capacitación enseñen cómo usar las nuevas herramientas y que también fomenten una mentalidad abierta hacia la innovación y el cambio, especialmente en aquellos agricultores que se niegan al cambio debido a estar trabajando con métodos tradicionales por muchos años. Solo así dichas personas podrán superar las barreras que limitan la adopción de tecnologías avanzadas en sus actividades agrícolas y aprovechar los múltiples beneficios del IoT.

Desafíos de Necesidad de Ciberseguridad

A medida que las tecnologías del IoT se integran en la agricultura, también surgen nuevos desafíos relacionados con la seguridad de la información de los agricultores, debido a que el uso de dispositivos conectados para recopilar datos y controlar sistemas en los terrenos agrícolas significa que estos dispositivos pueden ser vulnerables a ataques cibernéticos. Por ello, es crucial asegurar que las redes y equipos que se usan estén protegidos frente a posibles amenazas de seguridad que podrían tener efectos negativos en la productividad y la eficiencia de los cultivos.

El Internet de las Cosas puede generar preocupaciones sobre la privacidad de los datos recolectados para su funcionamiento correcto, un ejemplo de esto es la información personal relacionada con la autorización de acceso, que debe ajustarse a las normativas del Reglamento General de Protección de Datos (RGPD). Además, aunque la recopilación de datos sobre los hábitos sea útil para gestionar redes, podría poner en riesgo la privacidad de los individuos. (Jiménez, 2023).

Esto quiere decir que, si no se toman las medidas adecuadas, los agricultores pueden estar expuestos a riesgos relacionados con el robo de datos sensibles, como información sobre sus cultivos o sus métodos de trabajo. Los ataques cibernéticos pueden afectar la privacidad e interrumpir el funcionamiento de los sistemas IoT que controlan los procesos agrícolas, lo que resultaría en pérdidas económicas. Por lo tanto, es sumamente importante contar con fuertes medidas de seguridad para proteger la información personal y los datos relacionados con la producción agrícola, para prevenir los robos. Sobre esto se indica que:

Los sensores IoT recogen grandes cantidades de información sobre los cultivos, el clima y las prácticas agrícolas. Esta información es valiosa, pero también es susceptible a ataques cibernéticos si no se toman las medidas de seguridad adecuadas. Los agricultores deben confiar en las plataformas que gestionan estos datos, lo que plantea preocupaciones sobre la protección de la privacidad y el cumplimiento de las normativas de seguridad. (Agrotech, 2024, pár. 6).

Por ello, es fundamental que todos los agricultores reciban la orientación adecuada sobre cómo proteger correctamente sus sistemas IoT y los datos que generan, antes de que pueda ocurrir un robo cibernético que les afecte. Además, deberían invertir en tecnologías de seguridad robustas, como, por ejemplo, firewalls y encriptación; también es necesario establecer protocolos claros para gestionar el acceso a la información, asegurándose de que solo personas autorizadas puedan ver o modificar los datos.

La protección de datos es fundamental para lograr una implementación exitosa del IoT en la agricultura. Debido a que los dispositivos conectados recopilan y transmiten datos de manera constante, surgen preocupaciones sobre la ciberseguridad; según un informe de Deloitte, la mayoría de los dispositivos IoT utilizados en la agricultura no cuentan con medidas de seguridad suficientes, lo que los convierte en objetivos vulnerables ante posibles ataques cibernéticos (Monnet, 2022, pág. 4).

Esta falta de seguridad puede exponer a los agricultores a riesgos significativos relacionados con el robo de información y con la interrupción de las operaciones agrícolas cotidianas, lo que afectaría su productividad y rentabilidad. Por esta razón, es crucial que la industria agrícola invierta en soluciones de seguridad eficientes y que establezcan políticas claras para proteger los datos sensibles y los sistemas utilizados en la agricultura, esto prevendría futuros problemas relacionados con ciberataques y pérdida de datos

Para abordar este desafío, es esencial “implementar medidas de seguridad sólidas, como la encriptación de datos, autenticación de dispositivos y actualizaciones regulares de firmware. Además, es fundamental capacitar a los empleados en prácticas seguras de ciberseguridad y establecer políticas claras de gestión de riesgos”. (Monnet, 2022, pág. 5). La encriptación asegura que la información recopilada y transmitida esté protegida contra accesos no autorizados y la autenticación de dispositivos ayuda a garantizar que solo los dispositivos legítimos (o autorizados) puedan conectarse a la red.

Cabe destacar que, aunque la mayoría de los datos no permiten identificar a los agricultores, algunos pueden revelar detalles personales como la ubicación o la producción de su finca, lo que

podría considerarse información sensible, quienes cultivan deben tener esto en cuenta al firmar contratos de suministro. Para evitar riesgos, hay dos soluciones: no incluir datos personales en los sistemas de análisis, aunque esto podría dificultar los informes; la otra opción es optar por un sistema que encripte los datos durante todo su proceso de transferencia, asegurando que, si se roban, no puedan ser utilizados. (Tektelic, 2022).

Por lo tanto, la seguridad en la agricultura digital debe ser una prioridad. Los agricultores y empresas deben implementar estrategias de protección bien desarrolladas y también deben contar con capacitación en prácticas de ciberseguridad. La combinación de medidas como la encriptación, autenticación y actualización de dispositivos garantiza una mejor defensa contra posibles amenazas, la ciberseguridad es una necesidad que debería ser inherente a la implementación del IoT en la agricultura. Además:

Los agricultores deben asegurarse de conservar el control de los datos que proporcionan a los Programas de Tecnología Avanzada y deben asegurarse de que son los propietarios de esos datos si desean utilizarlos. Dado que los datos no se consideran propiedad intelectual tradicional, un contrato bien redactado es la mejor manera de proteger sus derechos. (Tektelic, 2022, párr. 28).

Esto quiere decir que los agricultores deben ser conscientes de los términos bajo los cuales comparten sus datos con otros. Para esto, es fundamental un contrato bien estructurado para establecer claramente la propiedad y el uso de la información generada, esto puede evitar que empresas tecnológicas se apropien de datos valiosos sin su consentimiento. Además, es recomendable que verifiquen las políticas de privacidad y seguridad de los programas que utilizan, asegurándose de que sus datos estén bien protegidos.

Asimismo, aunque los agricultores suelen gestionar sus propios datos, es importante reconocer que esta información puede tener un valor económico mayor que sus propias cosechas; para evitar problemas legales, deben asegurarse de conservar sus derechos sobre los datos generados. Sin embargo, el marco legal sobre la propiedad de los datos agrícolas aún es complejo,

muchas veces, los datos en bruto son procesados y utilizados en decisiones estratégicas. (Tektelic, 2022).

Por último, se identifica que la ciberseguridad en la agricultura digital no debe ser nunca un aspecto secundario, sino una prioridad. La implementación del IoT en el sector agrícola ofrece múltiples beneficios, pero también plantea desafíos que requieren atención. Entonces, garantizar la seguridad de los datos y la protección contra ciberataques permitirá a los agricultores aprovechar al máximo estas tecnologías sin comprometer su privacidad ni su producción. Para obtener un mejor resultado, se debe combinar las tecnologías con las medidas de ciberseguridad.

Desafíos de Formación en el Uso de Nuevas Tecnologías

La adopción de las tecnologías del IoT en el sector de la agricultura es un gran paso que requiere de inversión, pero también de aprendizaje por parte de los agricultores que las van a implementar. Los dispositivos del IoT suelen ser complejos y, en muchas ocasiones, requieren conocimientos específicos sobre su configuración, mantenimiento y uso adecuado. Tradicionalmente, la agricultura ha sido una actividad tradicional y basada en técnicas transmitidas de generación en generación, por ello el proceso de cambio y adaptación a estas innovaciones puede ser un gran desafío.

Un obstáculo es la falta de formación, porque muchos agricultores no conocen acerca de conceptos como conectividad, análisis de datos o automatización de procesos, lo que puede generar resistencia o temor al cambio; sin una capacitación adecuada, los dispositivos del IoT no serán utilizados correctamente. La adopción de la IoT requiere “no solo la implementación de dispositivos, sino también la integración de sistemas y la capacitación del personal (...) muchos productores enfrentan dificultades para integrar eficazmente los datos generados por dispositivos IoT en sus sistemas de gestión existentes”. (Monnet, 2022, pár. 6).

Aunado a ello, el acceso a programas de formación en tecnologías emergentes es limitado en ciertas regiones rurales como, por ejemplo, la Zona Huétar Norte, ya que comúnmente la oferta educativa en tecnologías suele concentrarse en áreas urbanas o en instituciones especializadas, lo

que dificulta que los agricultores de la zona puedan recibir una capacitación accesible y adaptada a sus necesidades. Esta brecha en la educación tecnológica puede traducirse en una menor adopción del IoT en algunas áreas específicas.

Según Mora (2022), factores como el nivel de ingresos familiares y la escolaridad influyen significativamente en la inserción tecnológica. Estas disparidades son más evidentes en zonas rurales, donde el acceso y uso de tecnologías digitales es considerablemente menor en comparación con áreas urbanas. La brecha digital limita la adopción de herramientas como el Internet de las Cosas (IoT) en la agricultura, ya que los agricultores enfrentan obstáculos para acceder a programas de formación y capacitación en tecnologías emergentes.

Otro factor clave en este tema es que se necesita asistencia técnica continua, no basta con recibir solo una capacitación inicial, porque en el transcurso del uso de estas tecnologías van a surgir dudas o problemas que se deben resolver, además, se requieren mantenimientos y actualizaciones constantes de los sistemas. En muchos casos, la falta de acceso a soporte técnico especializado puede hacer que los agricultores se enfrenten a dificultades para solucionar problemas con sus dispositivos y, a largo plazo, esto puede traer consigo repercusiones graves.

En este sentido, “La capacitación y la educación son cruciales para superar este obstáculo. Las asociaciones industriales y las instituciones educativas pueden desempeñar un papel importante en proporcionar programas de capacitación especializados” (Monnet, 2022, pág. 7), pues de eso depende que el funcionamiento de la tecnología del IoT en la agricultura sea exitoso y su adopción sea más equitativa en distintas regiones. Sin una formación adecuada, los agricultores pueden enfrentar dificultades para aprovechar al máximo tales herramientas.

Para superar estos desafíos, es fundamental promover programas de formación adaptados a la realidad de los agricultores de la zona, los cuales deben ser diseñados de manera accesible, utilizando un lenguaje claro y práctico, y ofreciendo capacitación presencial y remota para garantizar que todos puedan acceder a ella. Asimismo, la colaboración entre instituciones educativas, entidades gubernamentales y empresas tecnológicas puede facilitar la implementación de iniciativas que brinden apoyo continuo a los productores agrícolas.

Por ejemplo, el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) ofrece programas de formación y capacitación en tecnologías emergentes para el sector agropecuario, con el objetivo de mejorar la competitividad y sostenibilidad de los productores locales (INA, 2025). Este tipo de formación puede ser la solución a nuevas oportunidades para la agricultura en la Zona Huetar Norte y otras áreas rurales, pues la implementación de dichos programas de capacitación lograría que muchos agricultores hagan una transición exitosa hacia el uso del IoT.

Zona Huetar Norte

La Zona Huetar Norte es un sector extenso perteneciente a Costa Rica, según datos de Chaves y Barrientos (2008), esta región se ubica al norte del país y está comprendido entre las cimas de la cordillera Volcánica Central, los Montes del Aguacate, la cordillera Volcánica de Guanacaste y la frontera con Nicaragua. Además, esta zona limita al norte con Nicaragua, al sur con las provincias de Guanacaste y parte de Alajuela, al este con la provincia de Limón y al oeste con Guanacaste.

Las principales provincias son Alajuela y una parte de Heredia, dentro de ellas se encuentran cantones como San Carlos, Los Chiles, Upala, Guatuso y Zarcero. Es una región conocida por su riqueza natural, con muchas áreas de bosques, ríos y parques nacionales. En este territorio de Costa Rica se cuenta con múltiples especies de flora y fauna quienes coexisten en un clima que suele ser muy caliente y seco, “tiene un clima tropical (estación seca y lluviosa), el invierno va de mayo a enero o febrero y la estación seca de marzo a mayo”. (Chaves y Barrientos, 2008, p. 15).

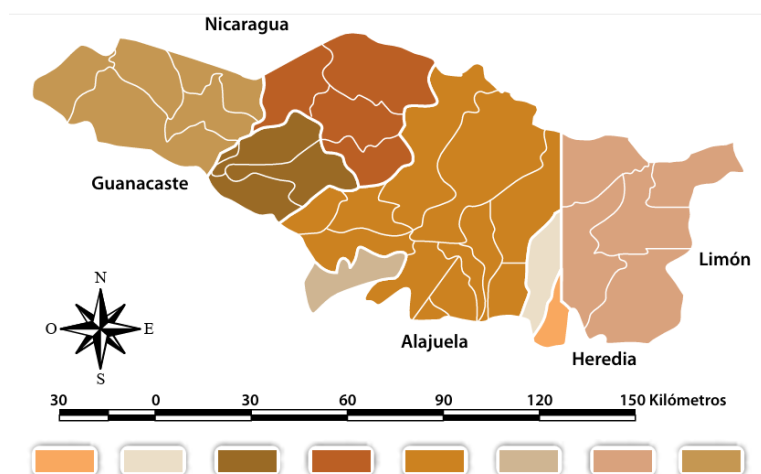
Debido a su gran extensión territorial, la Zona Huetar Norte tiene a una parte significativa de la población costarricense, debido a la abundancia de recursos naturales, suelos fértiles y una ubicación estratégica para las actividades económicas. Además, al tener gran parte de la población del país en esta área, se favorece el crecimiento de infraestructuras, lo que refuerza aún más su relevancia en el contexto nacional. Cabe mencionar que su extensión territorial es de:

...9.803 km², lo cual representa el 18% del territorio nacional. Su distribución por cantón es la siguiente: San Carlos 3.347,98 km², Upala 1.580,67 km², Los Chiles 1.358,86 km², Guatuso 758,32 km², Sarapiquí 2.140,54 km², Peñas Blancas (San Ramón) 249,9 km², Distrito de Río Cuarto de Grecia 254,2 km², Sarapiquí 112,9 km². (Chaves y Barrientos, 2008, p. 2),

Según estos datos, la Zona Huetar Norte tiene una extensión considerable en el país, lo que la convierte en una región clave para la economía. Su importancia radica en que gran parte de la producción agrícola de Costa Rica proviene de esta zona, gracias a sus amplias áreas rurales y sus suelos fértiles. Estas condiciones favorecen el cultivo de productos, además, la ganadería y otras actividades agropecuarias hacen que la zona sea importante en el desarrollo económico del país, gracias a sus recursos naturales.

Ilustración 18

Área Geográfica de la Región Huetar Norte



Nota: Chaves y Barrientos (2008).

La Zona Huetar Norte es reconocida por su actividad agrícola, gracias a la riqueza de minerales en sus suelos. Según Chaves y Barrientos (2008), las actividades económicas de la

Región Huetar Norte se dividen en tres sectores clave: la agricultura tradicional y la ganadería generan casi la mitad del empleo, con cultivos como granos, caña de azúcar y raíces tropicales; la producción no tradicional incluye cítricos, macadamia, cacao híbrido, piña y palmito; además, el turismo se ha convertido en una fuente de ingresos en crecimiento. Tanto la producción agrícola como pecuaria abastecen el consumo interno y la exportación.

Por lo tanto, una de las principales actividades económicas en esta zona de Costa Rica es el cultivo de diversas plantas, ya que la riqueza de sus suelos favorece una producción abundante y garantiza cultivos de alta calidad, convirtiendo a la agricultura en el pilar económico de la región: “La actividad de raíces y tubérculos para la Región Huetar Norte es de gran importancia, la misma representa a nivel nacional aproximadamente el 70% de la producción”. (Esquivel y Villalobos, 2015, p. 3).

Esto quiere decir que el cultivo de raíces y tubérculos es una de las actividades más importantes de la Región Huetar Norte, estas prácticas son un gran impulso para la economía local y brindan oportunidades de empleo a muchas familias que se dedican a la agricultura, tanto en la siembra de los tubérculos como en la comercialización de estos productos. Además, la agricultura de tubérculos en esta zona no se limita solo a la producción interna, sino que también se orienta hacia la exportación, lo que permite fortalecer el comercio con mercados internacionales.

Los principales tubérculos que se siembran en la Zona Huetar Norte son ñame, yuca y camote, además, muchos de estos se cosechan con destino a ser exportados a otros países. Asimismo, la yuca encabeza la lista como el tubérculo más sembrado; en esta región, las principales variedades de yuca que se suelen sembrar son Valencia, Señorita y Brasileña. En cuanto a la variedad Valencia, o también llamada algodón es muy cotizada en los mercados internacionales:

Es una variedad de porte erecto, presenta ramificaciones a nivel intermedio de la planta, el tallo es delgado y con un sistema radical pequeño, las hojas son de forma lanceoladas y el peciolo de color morado; la principal característica de valencia es que posee un pedúnculo más pronunciado que facilita el corte sin dañar la yuca y la cosecha. Esta variedad es muy

aceptada en el mercado internacional ya que es de forma cónica y de tamaño pequeño que simplifica el parafinado y el empaque. (Vargas, Watler, Morales y Vignola, 2017, p. 7).

Esto significa que la variedad de yuca Valencia es un tubérculo muy apreciado por su rico sabor y su gran calidad, además, es muy de muy fácil manejo en la cosecha y preparación para la exportación, debido a sus características como forma y tamaño pequeño, lo que hacen que el proceso de parafinado y empaque sea más rápido, por ende, es una opción atractiva para los mercados internacionales. Gracias a estas características, los productores de la Zona Huatar Norte han logrado posicionar la yuca Valencia como un producto clave en la economía agrícola de la región.

Ilustración 19

Variedad de Yuca Valencia para la Exportación



Nota: La Nación, 2021.

De la misma manera, otra de las variedades de yuca sembradas en la Zona Huatar Norte es la variedad conocida con el nombre de Señorita, la cual tiene un gran potencial y rendimiento en los campos de cultivos de dicha región. Esta variedad es muy cotizada y es muy versátil porque

puede adaptarse a diferentes condiciones del terreno o clima, esto la hace una opción adecuada para muchos de los agricultores. Esta planta tiene muchas ventajas y una alta demanda en el mercado:

...la planta es de porte erecto, de hojas lanceoladas y se caracteriza principalmente por la coloración morada o bronceada en los puntos de crecimiento. Las yucas son alargadas y se utilizan para la fabricación de harinas y para congelado. El ciclo dura alrededor de 12 meses y al contrario 7 de la variedad valencia el ciclo no se puede acortar, ya que entre 8-10 meses la yuca está inmadura y posee un sabor amargo; además presenta periodos de oxidación más corto, lo que provoca menos vida en postcosecha y menor tiempo en el proceso después de la cosecha. (Vargas et al, 2017, p. 8).

No obstante, como lo refieren los autores, la yuca conocida como Señorita también tiene algunas desventajas como su largo periodo de cosecha, esto hace que los agricultores deban esperar más tiempo para cosecharla y exportarla, lo cual puede generar desafíos, por ejemplo, debido a su tiempo de maduración más largo puede ser más vulnerable a factores climático o incluso a plagas. A pesar de tales desventajas, es una opción muy buena para los agricultores de la Zona Huetar Norte porque tiene una alta demanda, sobre todo en la industria de la harina y productos congelados.

Ilustración 20

Variedad de Yuca Señorita Plantada



Nota: Ministerio de Agricultura y Ganadería (2017).

Asimismo, “De acuerdo con expertos de la región productiva Huetar Norte, el ciclo del cultivo de la yuca fisiológicamente dura alrededor de doce meses, los productores han adoptado una disminución en la duración del ciclo de aproximadamente treientos doce días”. (Vargas et al, 2017, p. 10). Al acortar el tiempo de cosecha, los agricultores pueden responder más rápido a lo que el mercado pide, entregando productos frescos en menos tiempo; sin embargo, deben tener gran cuidado, porque si el ciclo de cultivo se reduce mucho, puede que la yuca no tenga el sabor ni la calidad que se espera.

Ilustración 21

Intervalos de Duración de Cada Fase en la Región Productiva de Huetar Norte

0-----10 DDS-----96 DDS-----180 DDS-----285 DDS-----312 DDS					
Brotación	Formación del sistema radicular	Desarrollo de tallos y hojas	Engrosamiento de raíces	Reposo	
					

Nota: Vargas et al, (2017).

A pesar de sus suelos ricos y sus grandes exportaciones, la Zona Huetar Norte de Costa Rica también enfrenta ciertos riesgos, según Procomer (2024) entre los principales se encuentra la deficiencia en la educación, particularmente en áreas como inglés e informática. Además, la región sufre de un mal estado en la red vial cantonal, lo que dificulta el transporte y el acceso a diversos servicios. La cobertura de internet en los hogares es limitada, lo que impide a muchas personas aprovechar las herramientas digitales y educativas disponibles.

Estas problemáticas mencionadas, especialmente la deficiencia en educación en inglés e informática, limitan en gran medida la capacidad de los agricultores para acceder a nuevas tecnologías que podrían mejorar sus prácticas de cultivo, como el uso de IoT. Además, la falta de infraestructura adecuada en la red vial y la limitada cobertura de internet pueden ser factores que

dificulten la adopción de herramientas digitales que podrían optimizar la producción y el proceso de exportación de los tubérculos.

A lo largo de este trabajo se ha destacado que las tecnologías del IoT pueden ser muy productivas y en un futuro cercano podrían revolucionar la agricultura en la Región Huetar Norte, ayudando a monitorizar el clima, la calidad del suelo y el estado de los cultivos en tiempo real, entre otros. Por lo tanto, tales problemáticas mencionadas podrían retrasar la integración de estas tecnologías y limitar las oportunidades para mejorar la competitividad en los mercados internacionales.

Por lo tanto, es importante que haya iniciativas o proyectos tecnológicos en la Región Huetar Norte para impulsar el uso de las tecnologías y que así, paulatinamente, la zona pueda integrar nuevas tecnologías en la agricultura. Si se implementan programas que ofrezcan formación en inglés, informática y el uso de tecnologías como el IoT, los agricultores podrán adaptarse más fácilmente a las innovaciones que mejoren sus cultivos. Por ejemplo, instituciones como el INA y el TEC se han preocupado por brindar a estas comunidades programas de capacitación.

Por último, también es necesario hacer un llamado al Gobierno de Costa Rica para que se preocupe por invertir en mejorar la infraestructura como, por ejemplo, las carreteras y la conexión a internet en la Zona Huetar Norte del país, lo cual es fundamental porque son herramientas necesarias para el desarrollo de la exportación. De esta manera, poco a poco la región podrá competir mejor en los mercados internacionales con productos de la mejor calidad y mejorar sus condiciones de vida.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

Enfoque Cualitativo

El presente estudio se desarrollará bajo un enfoque cualitativo, el cual es ideal para analizar fenómenos de manera profunda y sistemática, considerando las particularidades del contexto. Según Hernández et al. (2018), este enfoque permite estudiar los fenómenos de forma sistémica, iniciando el proceso con la observación de los hechos y la revisión de estudios previos de manera simultánea, con el objetivo de generar teorías consistentes con lo observado:

En lugar de comenzar con una teoría y luego ‘voltar’ al mundo empírico para confirmar si esta es apoyada por los datos y los resultados, el investigador comienza el proceso examinando los hechos en sí y revisando los estudios previos, ambas acciones de manera simultánea, a fin de generar una teoría que sea consistente con lo que está observando que ocurre. (Hernández et al., 2018, p. 7).

Además, estos autores señalan que el proceso de investigación cualitativa es flexible y evolutivo, ya que “se plantea un problema de investigación (...). Va enfocándose paulatinamente. La ruta se va descubriendo o construyendo de acuerdo con el contexto y los eventos que ocurren conforme se desarrolla el estudio”. (Hernández et al., 2018, p. 7). Esto permite que las preguntas de investigación surjan antes, durante o después de la recolección y análisis de los datos, convirtiendo el proceso en una dinámica circular que varía según las necesidades de cada estudio. (Hernández et al., 2018, pp. 7-8).

En este contexto, la presente investigación se enfocará en estudiar cómo facilitar el proceso de exportación de tubérculos en Costa Rica, analizando desde la compra y logística hasta el envío del producto a su destino final. Debido a que este tema requiere una comprensión detallada de los distintos aspectos que conforman el sector, se considera el enfoque cualitativo como el más adecuado para obtener una visión amplia y precisa, permitiendo profundizar en las dinámicas involucradas y proponer soluciones efectivas.

Fenomenología Empírica

La fenomenología empírica explora, describe y comprende las experiencias vividas por las personas en relación con un fenómeno específico. Este enfoque permite al investigador obtener una perspectiva profunda desde el punto de vista de los participantes, adentrándose en aspectos como sentimientos, emociones y percepciones vinculadas a sus experiencias. Según Hernández y Mendoza (2018), “el investigador trabaja de manera directa con los participantes para captar “la esencia de la experiencia compartida”, lo que permite una comprensión integral del fenómeno estudiado”. (p. 551).

Por ello, en este proyecto de investigación se utiliza la fenomenología empírica como base para analizar las experiencias de los productores involucrados en la exportación de tubérculos en Costa Rica. Este enfoque ayudará a entender las dificultades y oportunidades que enfrentan durante las etapas de compra, logística y envío de los productos. Además, se busca encontrar elementos comunes en sus vivencias para proponer soluciones que realmente atiendan sus necesidades y los ayuden a adaptarse mejor a los retos del mercado internacional.

Población y Muestra

Población

La población en una investigación “está compuesta por todos los elementos (personas, objetos, organismos, historias clínicas...) que participan del fenómeno que fue definido y delimitado en el análisis del problema de investigación”. (Toledo, s.f. p.1). Es decir, se define a partir de las características comunes de los elementos estudiados y de su relación con el problema planteado. La población se delimita teniendo en cuenta sus atributos, accesibilidad y pertinencia para los objetivos del estudio; de esta forma, se establece un marco claro para analizar los aspectos relevantes del fenómeno investigado.

La población de este estudio está conformada por los productores de tubérculos en la Zona Huetar Norte de Costa Rica que participan en procesos de exportación. Este grupo se selecciona debido a su relevancia para analizar el uso de tecnologías IoT en la mejora de estos procesos. Se

consideran las características comunes de los productores, su ubicación geográfica y su participación en las actividades de exportación, dicho enfoque permite delimitar claramente el estudio y alinear la población con los objetivos planteados.

Muestra

Según Toledo (s.f.), la muestra se entiende como una parte representativa de la población o universo que se analiza en una investigación, en otras palabras, es un subgrupo que refleja las características esenciales de la población en su totalidad. Para definir la muestra, es fundamental establecer previamente los atributos específicos que caracterizan a la población, tales como ubicación, tiempo o actividades relacionadas con el fenómeno de estudio. Este proceso garantiza que la muestra seleccionada sea adecuada para responder a los objetivos planteados y permita generalizar las conclusiones obtenidas de manera válida y confiable.

En el caso de este proyecto, la muestra es un grupo selecto de productores de tubérculos ubicados en la Zona Huetar Norte de Costa Rica, quienes participan activamente en el proceso de exportación de estos productos. Este subgrupo se elige teniendo en cuenta su relevancia para el análisis de la implementación de tecnologías IoT en la optimización de las cadenas de exportación. La muestra incluye productores con diferentes niveles de experiencia en el sector, lo que permitirá obtener una visión amplia de las dificultades, oportunidades y beneficios asociados al uso de estas tecnologías.

Muestra Cualitativa

En investigaciones cualitativas, el tamaño de la muestra se define por factores como la naturaleza del fenómeno, la capacidad de recolección y análisis de datos, y la saturación de categorías. Según Toledo (s.f.), la muestra se ajusta a medida que avanza el estudio y no busca generalizar resultados, sino profundizar en el fenómeno. No es necesario que sea representativa de la población, y en algunos casos, puede combinarse con otros tipos de muestreo según las necesidades del estudio.

Por ello, en este estudio sobre la exportación de tubérculos en la Zona Huetar Norte, se emplea un enfoque cualitativo con un muestreo flexible que no busca ser representativo de toda la población, sino obtener una comprensión profunda de las experiencias de los productores. La muestra se ajustará según los avances de la investigación, lo que permitirá explorar de manera detallada los desafíos y oportunidades que enfrentan los participantes en el uso de tecnologías IoT en el proceso de exportación. Este enfoque asegura que los resultados se centren en la vivencia de los productores y no en la generalización de datos.

Tabla 1

Muestra

# Entrevista	Puesto	Razón
No 1	Gerente de Operaciones	Experiencia en logística de exportación que puede proporcionar información sobre los beneficios de IoT en el seguimiento de productos
No 2	Gerente de Logística	Su conocimiento en procesos de distribución internacional ayudará a identificar puntos de mejora con IoT.
No 3	Jefe	Puede aportar perspectivas sobre el impacto de la tecnología en la trazabilidad y eficiencia.

No 4	Gerente	Experiencia en la exportación de raíces y tubérculos hacia EE. UU., ideal para entender las necesidades de exportación y cómo IoT puede facilitarlo.
No 5	Gerente	Perspectiva en innovación para mejorar los procesos de logística y distribución con IoT.
No 6	Encargado de logística	Aportará información sobre su experiencia en exportación a Europa y cómo la tecnología puede apoyar la frescura del producto.
No 7	Gerente	Facilitará una visión general de los desafíos comunes en la exportación de tubérculos y el papel de la tecnología en el sector.
No 8	Gerente	Experiencia en técnicas de conservación y logística para exportación, útiles para explorar el IoT en el monitoreo de condiciones de productos.

No 9	Gerente de Producción	Contribuirá con su experiencia en la gestión de cultivos y exportación de vegetales y tubérculos, que podría beneficiarse de IoT.
No 10	Gerente de exportaciones	Proporciona apoyo técnico y logístico a exportadores, además de facilitar conexiones y acceso a nuevas tecnologías

Unidades de Análisis

Las unidades de análisis son fundamentales para generar las categorías necesarias para abordar el problema de investigación y explicar el fenómeno en estudio. Estas categorías pueden surgir de manera gradual durante el proceso de investigación, ya que el investigador va ajustando y refinando su comprensión del fenómeno a medida que obtiene más datos.

Es crucial que las categorías sean pertinentes y relevantes para los objetivos del estudio, ya que solo así se garantiza que el análisis sea adecuado y permita una comprensión profunda del fenómeno en cuestión. Dicho proceso incluye lo siguiente:

1. El investigador revisa todo el material (conjunto de datos).
2. Se identifica un tipo de segmento para ser caracterizado como unidad constante).
3. Codificar para determinar pertinencia: codificación abierta (comparar unidades de análisis para determinar categorías relevantes para el planteamiento del problema).
4. El investigador puede mantener o cambiar la unidad.
5. UNIDAD – CATEGORÍA – CODIFICACIÓN (todas relacionadas unas con otras).
6. Categorías de análisis: técnicas para generarlas:
 - a. AGRUPAMIENTO: anotar temáticas vinculados al planteamiento, señalar cuáles son comunes (se repiten una y otra vez) y por último se agrupan.
 - b. TÉCNICAS DE ESCRUTINIO:

- i. REPETICIONES: la más fácil para identificar categorías
- ii. CONCEPTOS LOCALES o usados frecuentemente en el contexto del estudio (expresiones reveladoras propias del ambiente al que pertenece el colaborador).
- iii. METÁFORAS Y ANALOGÍAS (ayuda a localizar categorías con significado).
- iv. TRANSICIONES: cambios que ocurren de manera natural en conversaciones e interacciones).
- v. SIMILITUDES Y DIFERENCIAS (del lenguaje verbal y no verbal).
- vi. CONECTORES LINGÜÍSTICOS Y ADVERBIOS, PRONOMBRES O SIMILARES (grupos de palabras y términos que las conectan).
- vii. DATOS PERDIDOS O NO REVELADOS (preguntarse qué falta o perdido).
- viii. MATERIAL VINCULADO A LA TEORÍA (se examina el ambiente o contexto, las perspectivas de los participantes y sus percepciones y lo que piensan de otras personas, entre otros. Relación entre las categorías y las preguntas de investigación y también buscar nuevas perspectivas).

Tabla 2*Unidades de Análisis*

Objetivo	Unidad	Categorías	Def. Conceptual	Instrumentalización
Estudiar cómo los procesos de la IoT se incorporan en la cadena de suministros que colaboran con las empresas exportadoras de tubérculos en la Zona Huetar	Procesos	Componentes Cadena de suministro Monitoreo Logística Adopción de IoT	Los procesos se definen como: "una unidad en sí que cumple un objetivo completo, un ciclo de actividades que se inicia y termina con un cliente o un usuario interno" (Carrasco, 2001, p. 11).	De la pregunta 1 a la 5

Norte.				
Identificar los desafíos con la implementación de la IoT en los procesos de exportación de tubérculos en la Zona Huetaar Norte.	Desafíos	<p>Barreras económicas</p> <p>Seguridad</p> <p>Proveedores</p> <p>Capacitación</p> <p>Resistencia</p>	Los desafíos son: “contextos o fenómenos originados o desarrollados en lo externo de la organización o de los individuos, los cuales se deben tratar o transformar para evitar que produzcan inequidad y el desfavorecimiento a la población” (Brenes y Sandí, 2011, p. 10).	De la pregunta 6 a la 10
Evaluar los posibles beneficios que la integración de IoT aporta a los exportadores de tubérculos en la Zona Huetaar Norte.	Beneficios	<p>Trazabilidad</p> <p>Reducción de pérdidas</p> <p>Competitividad</p> <p>Toma de decisiones</p> <p>Clientes</p>	Según Ramírez & López (2021), los beneficios son las ventajas o efectos positivos derivados de una acción o proyecto, generando valor para quienes están involucrados.	De la pregunta 11 a la 15

Instrumento

En este estudio, el instrumento será un cuestionario diseñado para obtener información detallada de los productores de tubérculos en la Zona Huetar Norte. El cuestionario incluirá preguntas abiertas y cerradas que permitirán explorar las experiencias, percepciones y desafíos que enfrentan los participantes en el proceso de exportación, especialmente en relación con el uso de tecnologías IoT. Este enfoque permitirá al investigador obtener datos relevantes y específicos que ayudarán a comprender el fenómeno en profundidad, adaptándose a las respuestas de los participantes y facilitando un análisis más claro y detallado de los aspectos clave del proceso de exportación.

Cuestionario

Para alcanzar los objetivos de la investigación, es necesario consultar fuentes primarias de información sobre el tema en desarrollo y construir, a partir de sus criterios y experiencias, una base de datos que responda al cuestionamiento que da origen al estudio. En línea con el diseño y enfoque de la investigación, se seleccionó como instrumento de recolección de datos al cuestionario aplicado a través de entrevistas semiestructuradas. En Hernández Sampieri y Mendoza (2018) mencionan que:

En ciencias sociales, tal vez el instrumento más utilizado para recolectar los datos es el cuestionario. Un cuestionario consiste en un conjunto de preguntas respecto de una o más variables a medir (Bourke et al. 2016). Debe ser congruente con el planteamiento del problema e hipótesis. (Brace, 2013, p. 250).

Entrevistas

En línea con el enfoque cualitativo que se utiliza en la presente investigación, se emplea la entrevista como herramienta de recolección de datos. Según Hernández Sampieri y Mendoza (2018), “Se define la entrevista como una reunión para conversar e intercambiar información entre

una persona y otra (entrevistador-entrevistado), por lo cual, se pretende dar respuesta a las incógnitas planteadas en el cuestionario en manera de conversación semiestructurada”. (p. 403).

Proceso de Recolección de Datos

La recolección de datos se llevará a cabo exclusivamente mediante cuestionarios, los cuales serán aplicados a los productores de tubérculos en la Zona Huetar Norte, seleccionados para formar parte de la muestra de investigación. El cuestionario será de elaboración propia y constará de preguntas abiertas y cerradas, diseñadas para obtener información detallada sobre el proceso de exportación y el uso de tecnologías IoT. Las respuestas obtenidas serán analizadas a través de categorías relacionadas con los objetivos específicos del estudio, con el propósito de abordar de manera precisa la pregunta principal de la investigación.

Cada una de las preguntas es generada de acuerdo con los objetivos específicos del presente estudio, por lo tanto, se busca que las respuestas brindadas por los entrevistados tengan información suficiente y acertada para el desarrollo de la investigación. Las entrevistas se realizarán según se adapte a las distintas empresas, ya sea de forma presencial o por medio de herramientas digitales como Zoom, Teams o similares, ee esta forma se podrá obtener una interacción más directa y con más temas a debatir.

Con respecto al cuestionario, se realiza un total de cinco preguntas por cada objetivo específico, estas están estrechamente relacionadas con el proceso facilitador con el uso del IoT para los exportadores de tubérculos en la Zona Huetar Norte; por otra parte, es útil para conocer diferentes factores que determinan el proceso de recolección de los datos, con empresas o personas que tengan conocimiento y entendimientos relacionados con el proceso de los tubérculos y su exportación.

Por otra parte, el cuestionario permite obtener la información necesaria para investigar el objeto de estudio, posibilitando conseguir datos profundos y específicos. En un estudio cualitativo, el objetivo principal es “obtener datos (que se convertirán en información) de personas, otros seres vivos, comunidades, situaciones o procesos en profundidad; a través de las propias 'formas de expresión' de cada unidad de muestreo”. (Hernández y Mendoza, 2018, p. 443). Esto resalta la

importancia de recolectar datos que reflejan la perspectiva de los participantes, lo que facilita una comprensión más completa y detallada del fenómeno estudiado.

Fuentes de Información

Se utilizarán en este proceso fuentes primarias y secundarias para adquirir más información sobre la investigación en desarrollo. Todo proceso de búsqueda de información debe ser exhaustivo y muy cuidadoso para evitar cualquier sesgo estadístico y para que la información recolectada sirva como sustento para el proceso de investigación. El investigador es una variable muy importante, porque según Hernández y Mendoza (2018):

Es el medio de obtención de la información. Por otro lado, en la indagación cualitativa los instrumentos auxiliares no son estandarizados, sino que se trabaja con múltiples fuentes de datos, que pueden ser entrevistas, observaciones directas, documentos, material audiovisual, anotaciones. (p.443).

Fuente Primaria

Para este estudio, el cuestionario será una herramienta clave, ya que, según Acosta y Soberón (2008), permite recopilar datos de manera sistemática y estructurada. Esta herramienta facilita la obtención de información directa de los participantes sobre sus opiniones, actitudes y comportamientos, lo que resulta fundamental para comprender el fenómeno investigado. Al emplear cuestionarios, se asegura que las respuestas sean claras y puedan ser analizadas de manera efectiva, contribuyendo a una comprensión más profunda del tema en cuestión.

En la presente investigación, la fuente principal será el cuestionario aplicado a los productores de tubérculos en la Zona Huetar Norte de Costa Rica, el cual tiene como objetivo recopilar datos sobre las experiencias y percepciones de los agricultores respecto al uso de tecnologías IoT en sus procesos de producción y exportación. Se busca obtener información detallada sobre su familiaridad con el IoT, los beneficios que perciben, los desafíos que enfrentan

y las barreras tecnológicas presentes. Los resultados permitirán una comprensión precisa de la situación actual.

Fuente Secundaria

En este proyecto se emplean diversas fuentes secundarias tales como antologías, tesis, trabajos de graduación, libros y artículos académicos, las cuales son cruciales, ya que proporcionan un análisis profundo de estudios previos que permiten contextualizar y enriquecer la investigación en curso aportando diversas perspectivas. Al utilizar estas fuentes, se busca ampliar el marco teórico y ofrecer una base sólida para la interpretación de los resultados:

En muchas áreas del conocimiento, las fuentes secundarias más utilizadas para desarrollar marcos teóricos son libros, artículos en revistas científicas y trabajos presentados en congresos o simposios. Estas fuentes son valiosas porque sistematizan la información de manera profunda, abordan temas con mayor detalle y están revisadas y aprobadas por profesionales expertos. (Hernández y Mendoza, 2018, p. 76).

Por ello, las fuentes secundarias serán esenciales para consolidar el conocimiento existente y proporcionar un análisis más amplio sobre el tema de estudio. Además, permiten sustentar las hipótesis y objetivos planteados, así como agregar enfoques distintos que pueden enriquecer la comprensión del fenómeno investigado. Por otro lado, las fuentes secundarias, al estar basadas en investigaciones previas, permiten validar los hallazgos obtenidos en la investigación primaria.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este apartado se presentan los resultados de la investigación obtenidos por medio de la entrevista a personas especializadas en el tema de la Ley de Procedimientos de Observancia de los Derechos de Propiedad Intelectual. Asimismo, el presente capítulo está organizado de la siguiente manera: primeramente, se encuentra la tabla N°3, en donde se derivan las categorías que emergieron de las unidades correspondientes a los tres objetivos específicos de la presente investigación.

Seguidamente, se encuentra una segunda parte, en donde se describe y analiza cada una de las categorías, el análisis se recrea de acuerdo con los explorado por fuentes de información y las derivadas de fuentes científicas. Finalmente, se realiza un apartado de interpretación de datos en donde se le da una respuesta al problema de la investigación. A continuación, se muestran las unidades y categorías de análisis base para este proyecto de investigación:

Tabla 3

Unidades y Categorías de análisis

Unidades	Categorías
1. Procesos	<ul style="list-style-type: none"> • Componentes • Cadena suministro • Monitoreo • Logística • Adopción IoT
2. Desafíos	<ul style="list-style-type: none"> • Barreras económicas • Seguridad • Proveedores • Capacitación • Resistencia

3. Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> • Trazabilidad • Reducción pérdidas • Competitividad • Toma decisiones • Clientes
---------------	---

Nota: Elaboración propia.

Unidad de Análisis 1: Procesos

Esta unidad de análisis busca comprender cómo el proceso de exportación de tubérculos en la Zona Huetar Norte se ve afectado por el uso de tecnologías IoT. Al explorar las diferentes etapas de la cadena de suministro, esta se encuentra “formada por todas aquellas partes involucradas, de manera directa o indirecta, en la satisfacción de las necesidades y expectativas de un cliente, incluye a los transportistas, almacenistas, vendedores al detalle (o menudeo) e incluso a los mismos clientes”. (Marque, Teves, Taco y Flores, 2019, p. 1138).

Para ello, se pretende identificar los puntos clave donde la IoT puede optimizar los recursos, mejorar la eficiencia, y garantizar la calidad del producto durante su transporte. La investigación, también se enfoca en entender cómo las empresas exportadoras de tubérculos están adoptando poco a poco estas tecnologías y qué desafíos enfrentan en su implementación. A través de esta unidad, se busca ofrecer una visión clara de cómo la IoT puede transformar la manera en que los tubérculos son gestionados y exportados en la región. Las categorías que se van a tratar son las siguientes:

- Componentes
- Cadena suministro
- Monitoreo
- Logística
- Adopción IoT

Categoría 1: Componentes

Descripción

La primera categoría de estudio a partir de las respuestas de las personas entrevistadas se trata de los componentes principales que conforman la cadena de suministro en la exportación de tubérculos en la Zona Huetar Norte. Este proceso es de gran relevancia pues permite que los exportadores puedan garantizar la calidad del producto desde que este sale hasta que llega a su destino, es decir en todas sus fases. Entre las etapas de la cadena de suministro está: sembrar, cosechar, transportar, clasificar, empaquetar y exportar a otros países. Al respecto, las respuestas específicas fueron las siguientes:

“La cadena comienza con la siembra, luego la cosecha, el transporte a las plantas de almacenamiento, el empaquetado, y finalmente la exportación” (Entrevistado 1).

“Los pasos son siembra, cosecha, transporte a la planta, clasificación y empaquetado, y al final el envío internacional” (Entrevistado 2).

“La cadena incluye la cosecha, el transporte a los centros de acopio, la clasificación, el empaquetado y el envío al extranjero” (Entrevistado 3).

“Empezamos con la cosecha, luego se transportan a la planta de almacenamiento, se clasifican y empacan, y se envían al mercado internacional” (Entrevistado 4).

“El proceso incluye la siembra, cosecha, transporte a los almacenes, clasificación, empaque y envío” (Entrevistado 5).

“Desde la siembra hasta la cosecha, el transporte de los tubérculos, su almacenamiento y clasificación, y el último paso es la exportación” (Entrevistado 6).

“Primero cosechamos, luego transportamos a los almacenes, clasificamos, empaquetamos y mandamos los tubérculos hacia otros países” (Entrevistado 7).

“Los componentes principales son la cosecha, el transporte, el almacenamiento en frío, la clasificación y el envío a mercados internacionales” (Entrevistado 8).

La cadena incluye el cultivo, cosecha, almacenamiento, transporte, clasificación y exportación (Entrevistado 9).

“Inicia con el cultivo, después la recolección, el almacenamiento en condiciones adecuadas, la clasificación y la exportación” (Entrevistado 10).

Análisis

Se deduce que la cadena de suministro en la exportación de tubérculos es un proceso muy estructurado, según las respuestas de los entrevistados, tal trabajo conlleva una serie de pasos desde que se siembra y produce el tubérculo en campo hasta que este llega a los mercados internacionales. Además, los datos que brindan los entrevistados son relevantes pues permiten identificar que casi todas las empresas siguen pasos similares en la cadena de suministros, con pequeñas diferencias como la manera en que gestionan el almacenamiento y la clasificación del producto.

Cabe destacar que uno de los aspectos clave encontrados en las diferentes respuestas es la importancia del almacenamiento en frío para mantener la calidad del tubérculo antes de su distribución, esto permite el mantenimiento saludable del tubérculo hasta que se exporta, entonces es estrictamente necesario que este proceso se lleve a cabo de manera correcta porque esto puede crear la diferencia y jugar un papel determinante en la competitividad del sector exportador. Además, el transporte y la logística son también factores clave porque cualquier retraso o error en este proceso podría afectar los tiempos de entrega y la calidad del producto.

A raíz de ello, la implementación de tecnologías IoT en la cadena de suministro podría ser de gran ayuda para estos exportadores, ya que existen sensores que pueden utilizarse a lo largo de

la cadena de suministro, esta “tecnología de trazabilidad permite a las empresas detectar y analizar los niveles de humedad en tiempo real, con capacidades de detección de temperatura, ubicación y emisiones de carbono”. (Procomer, 2023, pár. 2). Dicha tecnología reduce el desperdicio y mejora la planificación logística.

En este sentido, según las respuestas obtenidas, se determina que la cadena de suministro de tubérculos en la Zona Huetar Norte es ordenada y estructurada porque sigue un proceso; sin embargo, aún existen áreas de mejora que podrían mejorar la eficiencia y la exportación de productos de calidad al hacer uso de tecnologías del IoT en el transcurso de la cadena de suministro. Estas herramientas pueden ser de gran ayuda para ellos, ya que ayudan al control de calidad de los productos.

Categoría 2: Cadena de Suministro

Descripción

Esta categoría analiza cómo las empresas exportadoras de tubérculos en la Zona Huetar Norte han empezado a utilizar poco a poco las tecnologías basadas en el Internet de las Cosas. A su vez, estas herramientas les permiten mejorar el control y la supervisión en cada etapa de la cadena de suministro, desde la producción hasta la exportación. Además, se destaca cómo el uso de estas tecnologías se ha convertido en un apoyo muy importante para optimizar procesos, reducir pérdidas y garantizar la calidad de los productos. Las respuestas de los entrevistados son:

“Usamos sensores de temperatura y humedad en los camiones para controlar las condiciones durante el transporte” (Entrevistado 1).

“Implementamos sistemas de rastreo GPS para saber en todo momento la ubicación de los camiones” (Entrevistado 2).

“Utilizamos sensores en las bodegas para monitorear la temperatura y humedad, así como en los camiones para el transporte” (Entrevistado 3).

“Estamos utilizando etiquetas inteligentes para rastrear los lotes de tubérculos a través de toda la cadena” (Entrevistado 4).

“Los sensores que usamos nos ayudan a mantener la temperatura correcta y evitan que los tubérculos se dañen por calor o humedad” (Entrevistado 5).

“Instalamos sensores para medir la temperatura y humedad en las bodegas y en los camiones durante el transporte” (Entrevistado 6).

“Los dispositivos IoT nos permiten conocer la temperatura y humedad durante el trayecto y ajustamos según sea necesario” (Entrevistado 7).

“Con los sensores podemos saber si el ambiente en el camión es el adecuado para los tubérculos, y actuamos si es necesario” (Entrevistado 8).

“La tecnología nos permite saber al momento si las condiciones durante el transporte son las correctas, y podemos tomar acción” (Entrevistado 9).

“Monitoreamos en tiempo real las condiciones del transporte para evitar que los tubérculos se dañen, y si algo va mal, corregimos” (Entrevistado 10).

Análisis

El uso de IoT en la exportación de tubérculos mejora significativamente la calidad del proceso, estas ayudan al monitoreo de las condiciones en las que se transportan y almacenan los productos. Las empresas destacan que, gracias a estas tecnologías, se puede mantener una temperatura y humedad ideales durante toda la cadena de suministro sin arriesgar el bienestar de los tubérculos, para que estos lleguen en perfecto estado. Sin esta facilidad, en el camino podrían ocurrir cambios de temperatura que dañen los productos y esto podría significar pérdidas de mucho dinero para los exportadores.

El rastreo en tiempo real permite saber dónde están los camiones y poder anticiparse a posibles retrasos, además, la trazabilidad a través de etiquetas inteligentes facilita la gestión de inventarios y la identificación de posibles problemas en la cadena de suministro, pues “Con esto, las empresas están transformando el manejo de los productos cotidianos y de los cuales depende el consumidor, pudiendo encontrar altos niveles de calidad y promover la sostenibilidad y la utilización responsable de los recursos”. (Procomer, 2023, pár. 3).

Por lo tanto, se analiza que la incorporación de IoT en la cadena de suministro ha cambiado la forma en que se gestiona el cultivo de los tubérculos de la exportación, aunque algunas empresas siguen enfrentando desafíos en la implementación de estas tecnologías, como la inversión inicial y la capacitación del personal para poder usarlas de manera adecuada y sacar el mayor provecho de estas. Sin embargo, los beneficios a largo plazo hacen que valga la pena todo el esfuerzo y la inversión que le dediquen.

Categoría 3: Monitoreo

Descripción

En esta categoría se analiza cómo las empresas exportadoras han integrado tecnologías de IoT paulatinamente para monitorear la calidad de los tubérculos en la cadena del suministro, las cuales alertan a los exportadores cuando las condiciones no son las adecuadas. Esto es un gran aliado porque entonces pueden reaccionar de inmediato ante los cambios y hacer los ajustes necesarios para evitar que los productos (en este caso los tubérculos) se dañen. Además, esta información ayuda a mejorar la eficiencia del transporte y la gestión logística en el futuro. Al respecto las respuestas son:

“Los sensores de temperatura y humedad envían alertas si las condiciones cambian demasiado, permitiéndonos actuar rápido” (Entrevistado 1).

“Monitoreamos constantemente el ambiente dentro de los camiones y si algo sale de lo normal, recibimos una alerta en tiempo real” (Entrevistado 2).

“Si la temperatura sube o baja mucho, los sensores nos envían una alerta para que podamos corregir el problema de inmediato” (Entrevistado 3).

“Los dispositivos en los camiones monitorean las condiciones y nos avisan si la temperatura o la humedad cambian” (Entrevistado 4).

“Cada camión tiene sensores que nos indican si las condiciones de transporte están afectando la calidad del producto” (Entrevistado 5).

“Los sensores envían datos constantemente sobre la temperatura y la humedad, y si algo está fuera de lugar, tomamos decisiones rápidas” (Entrevistado 6).

“Los dispositivos IoT nos permiten conocer la temperatura y humedad durante el trayecto y ajustamos según sea necesario” (Entrevistado 7).

“Con los sensores podemos saber si el ambiente en el camión es el adecuado para los tubérculos, y actuamos si es necesario” (Entrevistado 8).

“La tecnología nos permite saber al momento si las condiciones durante el transporte son las correctas, y podemos tomar acción” (Entrevistado 9).

“Monitoreamos en tiempo real las condiciones del transporte para evitar que los tubérculos se dañen, y si algo va mal, corregimos” (Entrevistado 10).

Análisis

Ante las repuestas de los entrevistados, se evidencia que la integración de IoT en el monitoreo de calidad ha sido una mejora significativa para la gestión de los productos en el caso de las empresas exportadoras de la Zona Huetar Norte. Antes de que se utilizara este tipo de tecnologías, era muy complicado mantener el control sobre las condiciones ambientales, porque

tenían que hacerlo manualmente, es decir, revisar constantemente y realizar posibles cálculos. Ahora, con la ayuda de los nuevos sensores inteligentes todo eso ha cambiado, ya que:

Las generaciones anteriores de redes de sensores solo tenían funciones de detección, mientras que las versiones posteriores fueron mejoradas con inteligencia para realizar cálculos junto con los datos de detección. Lo que ha hecho que un sensor sea “inteligente” es permitir que los sensores faciliten la comunicación entre estos dispositivos de detección inteligentes, estableciendo así una “red de sensores inteligentes”. (Rajak, et al, 2023, p. 3).

Esto quiere decir que ahora los sensores son capaces de almacenar información para procesarla y poder compartirla. Por consiguiente, se logra identificar que gracias a esta tecnología las empresas están actuando sin perder el tiempo y con decisiones claras e informadas, basadas en los datos de los sensores, lo que es una gran ayuda, pues los tubérculos que exportan no se ven afectados. Asimismo, con la recopilación de datos constantes las empresas pueden hacer ajustes estratégicos en sus procesos, optimizar rutas de transporte y mejorar las condiciones de almacenamiento, todo ello se ve reflejado en la calidad del producto final.

Cabe mencionar que, a pesar de los grandes beneficios, existen desafíos como los que mencionan los exportadores (costos y el mantenimiento del sistema), sobre todo para empresas más pequeñas. Sin embargo, a pesar de ello las empresas sí reconocen en su totalidad que el uso de IoT ha sido un cambio positivo y que con ello han logrado que la calidad de los tubérculos exportados mejore considerablemente. Es importante recalcar que en el mercado la competitividad es alta y con estas herramientas se puede marcar una gran diferencia.

Categoría 4: Logística

Descripción

La implementación de tecnologías IoT en la logística ha transformado radicalmente la manera en que las empresas gestionan la distribución de tubérculos, ya que estas herramientas les

ayudan a tener mejor control y organización; además, los exportadores pueden monitorear en tiempo real la ubicación exacta de los camiones que transportan los productos y las empresas pueden adelantarse a situaciones como el tráfico o el mal clima, que podrían generar retrasos en las entregas de los tubérculos. Por ello, la logística es más eficiente gracias a la tecnología del IoT. Las respuestas de ello son las siguientes:

“Nos permite conocer la ubicación de los camiones y ajustar las rutas para asegurar entregas a tiempo y optimizar costos” (Entrevistado 1).

“Con los datos en tiempo real podemos organizar mejor los envíos y evitar retrasos por mal tiempo o tráfico” (Entrevistado 2).

“La información sobre el estado de cada camión nos ayuda a saber si necesitamos cambiar rutas o hacer ajustes en el tiempo de entrega” (Entrevistado 3).

“Gracias a las herramientas del internet de las cosas, tenemos un control más preciso sobre los tiempos y la ubicación de los envíos, lo que hace la logística más eficiente” (Entrevistado 4).

“Podemos ajustar las rutas sobre la marcha y reaccionar a imprevistos en el camino, lo que mejora la planificación” (Entrevistado 5).

“Nos da información detallada sobre el estado de los productos y el tiempo de transporte, ayudándonos a mejorar la logística” (Entrevistado 6).

“La visibilidad en tiempo real nos ayuda a tomar decisiones rápidas para cambiar la ruta si es necesario y asegurar que los productos lleguen a tiempo” (Entrevistado 7).

“Gracias a esta tecnología, podemos planificar mejor las rutas y tiempos de entrega, optimizando el transporte y la logística” (Entrevistado 8).

“Las alertas en tiempo real nos permiten ajustar nuestra planificación logística y tomar decisiones rápidas para evitar retrasos” (Entrevistado 9).

“IoT hace que podamos tomar decisiones logísticas con más información, lo que mejora la eficiencia y reduce errores” (Entrevistado 10).

Análisis

Las respuestas de los entrevistados se enfocan todas en que el uso de IoT en la logística ha traído muchos beneficios a sus empresas exportadoras de tubérculos, todos coinciden en que esta tecnología es de gran ayuda para ellos y les permite mantener un control y organización que son sumamente importantes para que la distribución de los tubérculos sea más eficiente. Cabe recalcar que uno de los puntos más señalados es la posibilidad de conocer la ubicación exacta de los camiones siempre, esto les permite ajustar rutas y para evitar retrasos causados por el tráfico o el mal clima.

La planificación logística está claramente influenciada por la tecnología del IoT, pues les ayuda a saber el estado de los productos detalladamente, todo ello ayuda a reducir errores en la planificación logística. Al tener datos actualizados sobre el transporte, las empresas pueden actuar siempre a tiempo antes de que sus productos puedan sufrir daños considerables. Por ello, todas las respuestas reflejan que el IoT ha cambiado por completo la forma en que las empresas organizan la distribución de los tubérculos, pues los beneficios son múltiples y muy claros.

Categoría 5: Adopción IoT

Descripción

Esta categoría se refiere al nivel de adopción de las tecnologías del IoT en las empresas exportadoras, lo que puede variar entre empresas, más que todo entre grandes y pequeñas, ya que estas tecnologías significan una gran inversión que puede ser difícil para algunos exportadores. Entonces, a pesar de que existe un crecimiento en el uso de IoT, muchos aún están en las primeras etapas de implementación o incluso apenas explorando su funcionamiento, debido a barreras de los

costos o falta de infraestructura tecnológica. A continuación, se presentan las respuestas de los entrevistados:

“Algunas empresas grandes ya usan IoT, pero en general, todavía estamos en las etapas iniciales de adopción” (Entrevistado 1).

“Las grandes empresas han comenzado a implementar IoT, pero las más pequeñas aún no lo adoptan ampliamente” (Entrevistado 2).

“Las grandes compañías están a la vanguardia, pero muchas pymes aún no aprovechan el potencial de la IoT” (Entrevistado 3).

“La adopción de IoT está creciendo, pero no todas las empresas lo usan de manera constante debido a los costos” (Entrevistado 4).

“Las grandes empresas exportadoras ya lo usan, pero las medianas y pequeñas empresas todavía están comenzando a probar la tecnología (Entrevistado 5).

“Hay un crecimiento en la adopción, pero principalmente entre las empresas más grandes y con más recursos” (Entrevistado 6).

“El uso de IoT aún es limitado, pero poco a poco más empresas se están sumando a la tecnología” (Entrevistado 7).

“En general, las empresas más grandes han implementado IoT, pero las medianas todavía son más cautelosas” (Entrevistado 8).

“La adopción de IoT va en aumento, pero aún no es común en todas las empresas de la región” (Entrevistado 9).

“Aunque algunas empresas grandes ya usan IoT, las medianas y pequeñas aún están en fase de exploración” (Entrevistado 10).

Análisis

A raíz de las respuestas obtenidas, se logra identificar claramente que el proceso de adopción de IoT está actualmente liderado por las grandes empresas, mientras que las pymes o pequeñas empresas aún están explorándolo o en etapas muy iniciales. Por consiguiente, esta gran diferencia puede ser porque las grandes compañías tienen la capacidad de invertir en infraestructura tecnológica y capacitación, lo que les permite avanzar con mayor rapidez en la adopción de IoT y, por lo tanto, disfrutar de sus beneficios. En cambio, las empresas más pequeñas tienen restricciones financieras y temen a la inversión, lo que hace más complicado que adopten estas tecnologías:

Aunque esta tecnología aún es incipiente para la mayor parte del sector, se proyectan crecimientos importantes, por lo que es recomendable que los exportadores profundicen en cuáles tecnologías se adaptan mejor a su maquinaria y a las necesidades de clientes. Inclusive, en Costa Rica existen empresas relacionadas con tecnologías 4.0., por lo que podría valorarse la generación de alianzas con estas empresas para el desarrollo soluciones para la agricultura inteligente. (Procomer, 2021, párr. 6).

Esto quiere decir que las grandes empresas están avanzando más rápido en el uso de IoT ya que tienen más dinero, en cambio, las pequeñas empresas todavía están empezando, puesto que muchas no pueden darse el lujo de hacer grandes inversiones. Sin embargo, poco a poco, el uso de IoT en la agricultura seguirá creciendo. Por eso, es importante que los exportadores busquen las herramientas que mejor se adapten a sus necesidades y posibilidades, como trabajar junto con empresas especializadas en tecnología para encontrar soluciones que les ayuden a mejorar sus procesos sin gastar tanto dinero.

Vale la pena destacar que, aunque las grandes empresas van al frente, las pymes no están quedándose atrás del todo. Muchas están buscando soluciones accesibles que les permitan aprovechar las ventajas del IoT sin necesidad de realizar grandes inversiones. Por ende, la adopción de manera lenta, pero gradual, permitirá a las pequeñas y medianas empresas adaptarse a las tecnologías a su propio ritmo y, en un futuro, aprovechar los múltiples beneficios que estas tecnologías traen consigo.

Unidad de Análisis 2: Desafíos

En esta unidad de análisis se busca comprender los distintos desafíos que surgen al implementar la tecnología IoT en el sector de exportación de tubérculos en la Zona Huetar Norte. Para ello, se enfoca en las principales dificultades que enfrentan los productores, además, se pretende analizar cómo estos obstáculos pueden afectar la aceptación de tal tecnología y qué posibles soluciones podrían facilitar su implementación. Para ahondar en esta unidad, las categorías que se van a tratar son las siguientes:

- Barreras económicas
- Seguridad
- Proveedores
- Capacitación
- Resistencia

Categoría 1: Barreras Económicas

Descripción

La primera categoría de estudio a partir de las respuestas de las personas entrevistadas se trata de las barreras económicas que pueden presentarse para adquirir la tecnología de IoT en la agricultura. Este aspecto es importante porque para muchos agricultores, especialmente aquellos con recursos limitados o que trabajan en pequeñas empresas o pymes, la inversión inicial en dispositivos, infraestructura y capacitación puede representar un obstáculo significativo, debido a

que el IoT trae consigo múltiples beneficios, pero tales herramientas suelen ser muy caras, lo que dificulta la adquisición para muchos agricultores.

Además del costo de adquisición, se debe tomar en consideración los demás gastos asociados al mantenimiento, actualizaciones y conectividad, puesto que se necesita velar por su correcto funcionamiento a través del tiempo. Por esto, en la presente categoría se busca comprender de qué manera estas barreras económicas influyen en la toma de decisiones de los agricultores y qué factores pueden estar limitando el acceso a la tecnología IoT. Con respecto la interrogante planteada, las respuestas de los entrevistados son las siguientes:

“Los costos iniciales de la tecnología son bastante altos y muchas empresas pequeñas no pueden afrontarlos” (Entrevistado 1).

“Las inversiones necesarias para comprar los sensores y adaptar la infraestructura son caras” (Entrevistado 2).

“Las empresas pequeñas enfrentan problemas con los altos costos de implementación y mantenimiento” (Entrevistado 3).

“El precio de los dispositivos y los costos de instalación son una barrera significativa para muchas empresas” (Entrevistado 4).

“La falta de presupuesto y los altos costos de la tecnología dificultan la adopción generalizada de IoT” (Entrevistado 5).

“El gasto inicial para instalar la tecnología IoT y capacitar al personal es un obstáculo importante” (Entrevistado 6).

“Los costos de la infraestructura necesaria para integrar IoT son muy altos para muchas empresas pequeñas” (Entrevistado 7).

“Las tarifas de conectividad y los costos de mantenimiento de los sistemas IoT dificultan su adopción masiva” (Entrevistado 8).

“Las pequeñas empresas luchan con los costos de implementación y no siempre ven el retorno de inversión inmediato” (Entrevistado 9).

“La falta de financiamiento y los altos costos de los dispositivos hacen que muchas empresas no puedan implementar IoT” (Entrevistado 10).

Análisis

A partir de las respuestas que dieron los entrevistados, se puede notar un patrón claro en el pensamiento, las personas aseguran que el costo es uno de los principales obstáculos para la adopción de IoT en la agricultura. Además, varios entrevistados mencionan que la inversión inicial es demasiado alta para llevarse a cabo, lo que dificulta que pequeñas empresas puedan acceder a esta tecnología, esto incluye tanto la compra de dispositivos como la adaptación de la infraestructura necesaria para su funcionamiento.

Actualmente, la implementación de IoT en la agricultura representa un desafío económico significativo, debido al alto costo de los sensores utilizados para recopilar información sobre las condiciones del campo. Según el Dr. Chandra (2018), incluso un número reducido de estos dispositivos puede alcanzar un precio de hasta 8000 dólares, lo que dificulta su accesibilidad para muchos agricultores. Como consecuencia, muchos optan por seguir utilizando métodos tradicionales menos avanzados, lo que limita su capacidad de mejorar la eficiencia y productividad de sus cultivos.

Otro punto importante por analizar es que no solo hay que tener en cuenta el costo de adquisición, sino también los gastos adicionales que conllevan por como, por ejemplo, el mantenimiento y la conectividad. En relación con ello, algunos entrevistados destacan que las tarifas de conexión a internet y el mantenimiento de los sistemas IoT pueden ser muy elevadas, por

lo tanto, su uso puede no ser sostenible a largo plazo para muchos negocios pequeños que, quizá, no produzcan a grande escala como otras grandes empresas.

Además, varios entrevistados mencionan en sus respuestas que las empresas pueden dudar en hacer esta inversión porque no siempre ven una ganancia inmediata, puesto que es necesario esperar un lapso prudente para percibir las ganancias a raíz de estas tecnologías. Esto significa que, aunque el IoT pueda mejorar la eficiencia y la producción agrícola, el tiempo que toma recuperar el dinero invertido puede hacer que muchos agricultores o empresarios decidan no arriesgarse con tales inversiones.

Otro desafío que se menciona con respecto a las barreras económicas es la falta de financiamiento. Esto porque sin el apoyo económico, ya sea de bancos o del gobierno, muchas empresas no tienen forma de costear la implementación de esta tecnología, lo que limita su acceso a los beneficios que ofrece el IoT. En el caso de la Zona Huetar Norte, esta situación puede afectarlos porque muchas de las empresas agrícolas en la región son pequeñas y no cuentan con los recursos suficientes para hacer frente a una inversión tan alta.

Entonces, sin opciones de financiamiento variadas, la adopción de IoT en la agricultura se vuelve muy complicada para estos productores, a pesar de que la tecnología podría ayudarles a optimizar sus procesos y mejorar su productividad. Por lo tanto, muchos no pueden modernizar sus métodos porque no tienen los recursos, por lo que su producción sigue limitada para la exportación. En síntesis, la adopción de IoT en la agricultura enfrenta importantes barreras económicas como: el mantenimiento, la conectividad y la falta de financiamiento, todo esto hace que muchas pequeñas empresas no puedan implementar esta tecnología.

Categoría 2: Seguridad

Descripción

La segunda categoría trata acerca de los riesgos de seguridad al implementar la tecnología del IoT en la agricultura, esto debido a que es importante analizar las situaciones riesgosas que

pueden surgir al conectar dispositivos y sistemas a internet, ya que esto los hace vulnerables a ciberataques, fallos en la red o incluso accesos no autorizados a información privada de las empresas. En este sentido, uno de los principales temores es que los datos recopilados por los sensores y dispositivos puedan ser robados o manipulados por personas con malas intenciones, afectando las decisiones que los agricultores toman sobre sus cultivos. Por ende:

...(IoT) puede plantear problemas en ciertos campos en cuanto a la confidencialidad de los datos recogidos para su funcionamiento. Por ejemplo, la información personal relacionada con una autorización de acceso debe cumplir con los requisitos del Reglamento General de Protección de Datos (RGPD). Del mismo modo, si la recopilación de información sobre los hábitos de los ocupantes de un edificio inteligente es útil para la gestión de las redes de energía, puede afectar a su privacidad. (Jiménez, 2023, párr. 13).

Esto quiere decir que los agricultores también deben preocuparse por la protección de los datos que generan, datos como, por ejemplo, patrones de producción o datos financieros podrían ser robados. Además, el cumplimiento de normativas puede ser un desafío adicional, ya que muchas empresas agrícolas no cuentan con el conocimiento o los recursos necesarios para garantizar que su uso de IoT esté alineado con las regulaciones estipuladas. En general, en esta categoría se pretende comprender cómo perciben los usuarios todos estos riesgos. Las respuestas de los entrevistados son las siguientes:

“Un riesgo es que los dispositivos IoT puedan ser hackeados y robar información sobre los envíos” (Entrevistado 1).

“Existe el riesgo de que los datos del transporte sean vulnerables a ataques cibernéticos” (Entrevistado 2).

“Si los dispositivos no están bien protegidos, podrían ser utilizados para acceder a información sensible de la cadena de suministro” (Entrevistado 3).

“Los datos sobre las condiciones de transporte pueden ser interceptados, lo que puede poner en riesgo el proceso de exportación” (Entrevistado 4).

“Si no se protegen bien los dispositivos, podrían ser hackeados y afectaría la información sobre el estado del producto” (Entrevistado 5).

“La seguridad de los datos es clave, y hay riesgos de que hackers accedan a la información de los camiones y las bodegas” (Entrevistado 6).

“Los ataques cibernéticos podrían alterar el sistema de monitoreo de los productos, comprometiendo la cadena de suministro” (Entrevistado 7).

“Si no se toman precauciones, los dispositivos IoT pueden ser vulnerables a accesos no autorizados y alterar el control del proceso logístico” (Entrevistado 8).

“Es importante mantener una buena protección de los sistemas para evitar que se filtren datos de ubicación o condiciones de los envíos” (Entrevistado 9).

“Los riesgos de seguridad están relacionados con la protección de los datos que recogen los dispositivos IoT, especialmente si no se cifran adecuadamente” (Entrevistado 10).

Análisis

A raíz de las respuestas obtenidas, queda claro que la seguridad es una de las mayores preocupaciones de los agricultores cuando se trata de implementar IoT en la agricultura. Se identifica que los entrevistados aluden al temor de que los dispositivos sean hackeados, ya que hay información sensible como la cadena de suministro, el transporte de productos o incluso las condiciones de los cultivos. Esto es especialmente preocupante porque cualquier alteración o robo de esta información podría generar pérdidas económicas y afectar la calidad de los productos. Por ejemplo:

La agricultura de precisión depende de los insumos agrícolas y se basa en datos. Por lo tanto, la seguridad de los datos, incluida la confidencialidad, la integridad y la disponibilidad, es importante en la agricultura de precisión, pero garantizar la seguridad y la privacidad de los datos en todas las entidades de la cadena de suministro agrícola no es una tarea fácil. (Halverson, Rimal y Wang, 2023, párr. 9).

La cita anterior alude a que es de suma relevancia proteger la información recolectada por los dispositivos IoT, porque si estos datos caen en manos equivocadas o se alteran, pueden perjudicar a los agricultores y a toda la cadena de suministro. Los riesgos van más allá de una simple amenaza tecnológica, ya que se involucran los datos de su trabajo diario, entonces, como mencionan los autores, asegurar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de los datos es esencial, lo que resalta la necesidad urgente de fortalecer las medidas de seguridad en el uso del IoT en la agricultura.

De la misma manera, en las respuestas de los entrevistados se hace énfasis la vulnerabilidad de los sistemas de monitoreo, es decir que, si los dispositivos IoT no cuentan con una protección adecuada, pueden convertirse en un blanco fácil para ataques cibernéticos. Por ejemplo, si una persona logra manipular la información sobre la temperatura o humedad de un producto en tránsito, podría provocar fallas en la conservación de los alimentos, afectando su calidad y generando grandes pérdidas para los agricultores.

Además, algunos entrevistados hacen énfasis en la necesidad de proteger los datos sensibles como la ubicación de los envíos. Si terceras personas acceden a información sobre las rutas o los tiempos de entrega, esto podría poner en riesgo toda la operación, ya sea por robo de mercancía o por manipulación de los sistemas de monitoreo. Ambas problemáticas son graves porque los ladrones podrían aprovecharse y saber exactamente dónde está la mercancía para planear un robo, o también podrían manipular los sistemas, lo que se traduciría en grandes fallas en la logística y en pérdidas considerables.

En general, los entrevistados coinciden en que la seguridad es un aspecto crítico, además, cabe destacar que muchos agricultores pueden “tener un conocimiento y una comprensión limitados de las amenazas a la ciberseguridad. Esta falta de conocimiento puede hacerlos más susceptibles a los ataques y menos propensos a implementar medidas adecuadas de ciberseguridad”. (Halverson, Rimal y Wang, 2023, párr. 11). Para que esta tecnología sea realmente útil y confiable, es necesario invertir en medidas de protección como el cifrado de datos, el uso de redes seguras y la actualización constante de los sistemas.

Categoría 3: Proveedores

Descripción

La tercera categoría trata acerca de las posibles limitaciones de proveedores de tecnología IoT, estos son los problemas que pueden surgir en el transcurso del tiempo cuando los proveedores de tecnología IoT no pueden solventar las necesidades de los agricultores. Se sabe que el IoT tiene muchas ventajas, pero gran parte de los buenos resultados y efectividad van a depender de las empresas que fabrican y mantienen estos dispositivos, pues cada herramienta del IoT necesita un mantenimiento diferente.

Por lo tanto, uno de los principales inconvenientes es que algunos proveedores no cuentan con suficiente soporte técnico o asistencia necesaria para resolver problemas cuando los dispositivos fallan. Según Agritech Colombia (2025), cuando los dispositivos están en funcionamiento, es primordial llevar a cabo un monitoreo constante para verificar su correcto desempeño. Se recomienda establecer un programa de mantenimiento que incluya la recalibración de los sensores, la actualización del software y la sustitución de cualquier componente defectuoso, el mantenimiento periódico asegura la durabilidad y eficiencia del sistema IoT en la finca.

En este sentido, un problema frecuente es la falta de servicio técnico adecuado, lo que significa que, cuando un sensor deja de funcionar o el software presenta fallas, los agricultores pueden tardar días o semanas en recibir ayuda de parte de los proveedores para solucionarlo, lo que retrasa las operaciones diarias y también puede generar pérdidas significativas de dinero. Con

respecto a las limitaciones tecnológicas de los proveedores, las respuestas de los entrevistados fueron las siguientes:

“A veces los proveedores no tienen un soporte técnico adecuado o no están suficientemente capacitados para solucionar problemas rápidamente” (Entrevistado 1).

“Los proveedores a menudo ofrecen soluciones demasiado costosas para pequeñas empresas, lo que dificulta la adopción” (Entrevistado 2).

“Hay poca variedad en los dispositivos disponibles localmente, lo que limita nuestras opciones para elegir la mejor tecnología” (Entrevistado 3).

“La falta de personal capacitado por parte de los proveedores para hacer una instalación y configuración adecuada es una limitante” (Entrevistado 4).

“A veces los proveedores locales no tienen productos de calidad comparable con los internacionales, y los precios son más altos” (Entrevistado 5).

“Los proveedores tienen problemas para garantizar una conectividad adecuada en áreas rurales, donde operan muchas de las empresas de la zona” (Entrevistado 6).

“La oferta de tecnología IoT en la región es limitada, y a veces no cumplen con los estándares internacionales de calidad” (Entrevistado 7).

“Las opciones disponibles en la zona son muy caras, y no siempre ofrecen un servicio postventa que cumpla con nuestras necesidades” (Entrevistado 8).

“Muchos proveedores no tienen el suficiente conocimiento sobre las necesidades del sector agrícola, lo que hace difícil encontrar soluciones específicas” (Entrevistado 9).

“Los proveedores no siempre pueden ofrecer las soluciones necesarias en términos de adaptabilidad y escalabilidad de los dispositivos” (Entrevistado 10).

Análisis

Con base en las respuestas obtenidas de los entrevistados, queda claro que, aunque la tecnología IoT tiene mucho potencial para mejorar la producción agrícola, esto depende de los proveedores que la fabrican y dan soporte. Se identifica que muchos agricultores enfrentan problemas porque las empresas que venden estos dispositivos no siempre ofrecen el respaldo necesario cuando surge una falla y muchas veces los agricultores no tienen el conocimiento necesario para darle soporte técnico ellos mismos. Además:

El acceso a la tecnología necesaria para los sistemas agrícolas inteligentes puede ser un obstáculo debido a la variedad de tecnologías y mejores prácticas disponibles. Para las personas que viven en regiones remotas o con recursos limitados. La falta de acceso a sensores, drones y redes Wifi-confiables puede limitar la capacidad de los agricultores para implementar sistemas de agricultura inteligente y aprovechar sus beneficios. (Leal, et. al. 2024, p. 93).

En relación con ello, en la Zona Huétar Norte, muchos agricultores de tubérculos se enfrentan a un obstáculo evidente: la falta de acceso a tecnología adecuada. Por ejemplo, la escasez de buenos proveedores que ofrezcan sensores, drones o conexiones estables a internet y accesibles hace que utilizar estas herramientas para la agricultura sea complicado. Debido a lo anterior, esto puede reducir la modernización del sector y entonces los agricultores de la región estarían en desventaja frente a otros competidores.

Se analiza que uno de los principales problemas es la falta de servicio técnico rápido y eficiente, porque si un sensor deja de funcionar o el sistema tiene errores por alguna razón, los productores pueden tardar mucho tiempo en obtener ayuda para solucionarlo, lo que afecta su

trabajo diario y puede generar pérdidas económicas. Además, cabe destacar que en zonas rurales como, por ejemplo, la Zona Huetar Norte (donde muchas fincas de producción de tubérculos están ubicadas), la conectividad suele ser un problema y los proveedores no siempre tienen soluciones efectivas para garantizar un buen funcionamiento de los dispositivos.

Además de esto, se identifica que otro aspecto preocupante es el alto costo de estos dispositivos y su mantenimiento, esto quiere decir que los agricultores que lo implementan deben tomar en cuenta el costo de la inversión más el costo de mantenimiento; además, algunos proveedores ofrecen opciones muy costosas que no son accesibles para pequeños y medianos productores, lo que limita su capacidad de modernizarse. También se observa que no hay mucha variedad de equipos en algunas regiones, lo que obliga a los agricultores a conformarse con opciones que no siempre se adaptan a sus necesidades o a sus presupuestos.

Esta categoría refleja que las limitaciones de los proveedores, efectivamente, pueden dificultar el aprovechamiento al máximo del IoT en la agricultura. Para que esta tecnología realmente ayude a los agricultores, es necesario que las empresas mejoren sus servicios, por ejemplo, que ofrezcan más opciones de dispositivos adaptados a diferentes entornos y proporcionen asistencia técnica confiable y accesible para quienes adquieren esta tecnología, ya que sin un soporte adecuado, resulta casi imposible instalar, mantener o reparar los dispositivos de IoT en la agricultura.

Categoría 4: Capacitación

Descripción

Esta categoría se enfoca, más que nada, en los problemas que enfrentan los agricultores o las personas que trabajan en el campo para aprender a usar correctamente la tecnología IoT. Aunque el IoT puede mejorar mucho la productividad en la agricultura y generar recursos económicos, muchos trabajadores no están capacitados para usarlo de manera correcta. Esto puede ser un obstáculo importante, porque si no se sabe cómo manejar los dispositivos correctamente, es fácil cometer errores o no sacarle el máximo provecho a la tecnología:

La incorporación de la IoT en la agricultura exige conocimientos técnicos importantes. Muchos agricultores carecen de los conocimientos necesarios para instalar o mantener sistemas de IoT. Comprender cómo funcionan los sensores, las redes y las plataformas de datos es fundamental para el éxito de los sistemas de IoT. Los agricultores deben poder comprender datos complejos, lo que puede resultar abrumador si no cuentan con la formación adecuada. (ALogics, 2025, párr. 25).

Continuando con la cita anterior, la capacitación es un paso fundamental que no debe ser pasado por alto para poder garantizar que el personal utilice correctamente los sistemas del IoT en la agricultura, pero muchas veces no hay suficientes recursos o tiempo para formar a todos adecuadamente. Especialmente en áreas rurales como, por ejemplo, la Zona Huetar Norte, puede ser difícil acceder a cursos o entrenamientos especializados en estos tipos de tecnologías. Al respecto, las respuestas de las personas entrevistadas, con respecto a esta categoría son las siguientes:

“El personal no siempre está familiarizado con la tecnología, por lo que se requiere capacitación constante, lo que genera costos adicionales” (Entrevistado 1).

“La resistencia al cambio es un desafío, ya que muchas personas prefieren continuar con los métodos tradicionales de trabajo” (Entrevistado 2).

“Los trabajadores a veces no tienen la formación necesaria en tecnología, por lo que se necesita un proceso educativo largo y continuo” (Entrevistado 3).

“La capacitación no solo es técnica, sino también cultural, porque el personal debe comprender la importancia de la tecnología en su trabajo” (Entrevistado 4).

“Algunos trabajadores tienen dificultades para adaptarse a las nuevas tecnologías, lo que hace que la capacitación sea más lenta” (Entrevistado 5).

“El costo de los programas de formación es alto, y muchas veces las empresas no tienen recursos suficientes para ofrecerlas” (Entrevistado 6).

“No todos los empleados cuentan con los conocimientos básicos de tecnología, por lo que se necesita un esfuerzo extra en la capacitación” (Entrevistado 7).

“Hay poca oferta de programas de capacitación especializados en IoT, por lo que a veces tenemos que buscar formación fuera de la zona” (Entrevistado 8).

“Los tiempos de capacitación son largos, y en algunos casos, el personal necesita varios intentos para dominar el uso de los dispositivos” (Entrevistado 9).

“Muchos de los trabajadores no están acostumbrados a usar dispositivos tecnológicos, por lo que la capacitación debe ser muy práctica y personalizada” (Entrevistado 10).

Análisis

Con base en las respuestas de los entrevistados, se logra identificar que la capacitación del personal es uno de los principales desafíos para implementar tecnología IoT en la agricultura. Entre las respuestas encontradas se menciona que los trabajadores no están familiarizados con las tecnologías, lo que requiere un esfuerzo constante para capacitarlos. Este proceso puede ser costoso, además, casi siempre es necesario buscar esas capacitaciones fuera de su zona:

Contratar personal técnico o asistencia de fuentes externas puede ser costoso y complicado, especialmente en regiones rurales. Si no hay una orientación y una formación adecuadas para aprovechar al máximo las capacidades de las soluciones IoT, es posible que no se aprovechen plenamente en las operaciones agrícolas. (ALogics, 2025, párr. 26).

La cita anterior explica que los agricultores podrían aprovechar al máximo las herramientas de IoT con la capacitación idónea. Además, algunos entrevistados destacaron que la capacitación no solo debe ser técnica, sino también cultural, ya que el personal debe entender la importancia de la tecnología en su trabajo y aceptarla, pues muchas personas se reusan a incorporar los cambios o a aprender a utilizar la tecnología, por eso es evidente que el proceso de capacitación debe ser adaptado a las necesidades y capacidades del personal, por ejemplo, mediante programas que sean prácticos, personalizados y accesibles para las personas de la Zona Huetar Norte.

De tal manera, es fundamental un esfuerzo conjunto, los proveedores de tecnología deben comprometerse a ofrecer formación accesible, mientras que los agricultores también deben estar dispuestos a invertir tiempo y recursos para aprender a utilizar estas herramientas con paciencia y disposición para aprender. Con los procedimientos adecuados y la inversión en capacitación, el IoT podría integrarse en las labores diarias del campo, lo que resultaría en una mayor eficiencia, reducción de costos y una mejora considerable en la productividad.

Categoría 5: Resistencia

Descripción

Por su parte, la categoría de resistencia al cambio se refiere a que muchos agricultores están acostumbrados a los métodos tradicionales que se han llevado a cabo por años y que han sido enseñados de una generación a otra. Para ciertas personas puede ser difícil aceptar el cambio hacia nuevas tecnologías como las del IoT, muchos sienten dudas de si realmente funcionará y si vale la pena invertir tanto dinero; además, otros sienten miedo o incertidumbre hacia lo nuevo y prefieren quedarse con sus prácticas tradicionales, lo cual le cierra las puertas a los nuevos avances y a posibles oportunidades de mejora y de crecimiento de la empresa.

En palabras de Shalimov (2024), los agricultores deben estar preparados para enfrentar la desmotivación y aprovechar los incentivos para motivar a su equipo de trabajo. A pesar de que muchos siguen negándose a adoptar nuevas tecnologías debido al temor de perder sus empleos al ser sustituidos por tecnología, este miedo puede reducirse al resaltar cómo el uso de tecnologías

avanzadas en la agricultura puede beneficiar tanto a su negocio como a sus clientes, mejorando la eficiencia y la competitividad en el sector agrícola. Con respecto a esta categoría las respuestas de los entrevistados son las siguientes:

“La resistencia hace que la implementación de IoT sea más lenta, ya que los empleados temen perder el control sobre los procesos tradicionales” (Entrevistado 1).

“Muchos se sienten incómodos con la idea de cambiar a tecnología nueva porque temen que sea complicada o que afecte sus trabajos” (Entrevistado 2).

“La resistencia al cambio genera incertidumbre, y esto retrasa la adopción de la tecnología en el negocio” (Entrevistado 3).

“Algunos empleados prefieren seguir usando los métodos tradicionales, y esto retrasa la implementación de IoT” (Entrevistado 4).

“La falta de comprensión de cómo IoT puede mejorar el negocio genera desconfianza, lo que dificulta la adopción” (Entrevistado 5).

“La resistencia al cambio suele ser un obstáculo importante, especialmente cuando el personal no está dispuesto a aprender nuevas tecnologías” (Entrevistado 6).

“Muchas personas se sienten cómodas con los procesos antiguos y no ven la necesidad de hacer el cambio a nuevas herramientas tecnológicas” (Entrevistado 7).

“La resistencia al cambio hace más lenta la transición hacia IoT, ya que las personas se resisten a abandonar sus hábitos establecidos” (Entrevistado 8).

“A veces los empleados no entienden los beneficios de IoT, y esto genera dudas que retrasan su implementación” (Entrevistado 9).

“La resistencia de los trabajadores a las nuevas tecnologías puede hacer que la adopción de IoT sea más complicada, especialmente si no se explica bien el propósito” (Entrevistado 10).

Análisis

En el caso de esta categoría, es un tema recurrente en las respuestas de los entrevistados. Esta negación por parte de algunas personas puede deberse al miedo a lo desconocido, lo cual es un sentimiento natural, ya que durante años la agricultura ha usado métodos tradicionales y la tecnología en esta área es novedosa. El temor a lo desconocido genera inseguridad y desconfianza, por lo que muchos agricultores se niegan a implementar estos nuevos métodos. Las respuestas también mencionan que hay falta de comprensión sobre los beneficios reales de IoT, por lo que los trabajadores no ven cómo la tecnología puede mejorar realmente su trabajo o el negocio.

Según Cadena SER (2024), la digitalización en la agricultura es una necesidad para mejorar la competitividad del sector. No obstante, la adopción de estas tecnologías puede representar un desafío para ciertos sectores de la población, especialmente para los agricultores de mayor edad, quienes pueden experimentar dificultades para adaptarse a estos cambios. Por ello, resulta fundamental iniciar la transición hacia la digitalización con el respaldo de asesoramiento especializado o la externalización de servicios que faciliten la implementación de estas innovaciones.

Además, se determina que muchos empleados se sientan cómodos con los métodos tradicionales, por lo que es muy difícil pasar a las nuevas tecnologías; dicha resistencia retrasa la innovación y la mejora de los procesos en la agricultura, por lo que se necesita promover una educación sobre cómo las tecnologías pueden mejorar el trabajo individual y el rendimiento de la empresa. De igual forma, resaltar los beneficios y dar ejemplos concretos de cómo IoT puede hacer el trabajo más eficiente puede ser clave para reducir la incertidumbre. Además, una buena capacitación y acompañamiento para disminuir el miedo al cambio.

Unidad de análisis 3: Beneficios

En esta unidad de análisis número tres se busca comprender cómo el uso de tecnologías del Internet de las Cosas puede transformar la agricultura en la Zona Huetar Norte, es decir, se pretende obtener la percepción de quienes la utilizan, para identificar sus principales beneficios. El propósito es analizar de qué manera estas herramientas tecnológicas les ayudan a los agricultores de la Zona Huetar Norte a reducir trabajo en el campo, optimizar la trazabilidad de los productos, mejorar la logística y tomar decisiones más informadas, entre otros beneficios.

También se analizará cómo esta transformación con tecnología de IoT influye en los mercados internacionales y en la gestión de los productores de tubérculos de la Zona Huetar Norte. A su vez, este estudio permitirá identificar los beneficios que trae consigo el IoT en la agricultura, examinando cómo estas tecnologías pueden facilitar el crecimiento y la competitividad de la empresa a largo plazo. Con respecto a esta unidad de análisis, las categorías por estudiar son las siguientes:

- Trazabilidad
- Reducción pérdidas
- Competitividad
- Toma decisiones
- Clientes

Categoría 1: Trazabilidad

Descripción

La primera categoría de estudio trata sobre cómo las herramientas tecnológicas del IoT, como los sensores y dispositivos conectados, pueden mejorar el seguimiento de los tubérculos durante todo su ciclo, desde la cosecha hasta que llegan al consumidor final. Por lo tanto, la trazabilidad se refiere a esa capacidad de algunos dispositivos de rastrear cada paso del producto a

lo largo de la cadena de suministro, lo que permite saber exactamente su origen, cómo se ha transportado, y en qué condiciones se ha almacenado. Se ha identificado que:

Uno de los desafíos siempre presentes de la cadena de suministro de alimentos es que los productos suelen pasar por tantas empresas y manos antes de llegar a sus destinos. Cada persona que manipula los alimentos debe mantener estándares estrictos para garantizar que los productos no se echen a perder ni se dañen durante el transporte. Los sensores de IoT pueden proporcionar la visibilidad necesaria y advertir a las partes apropiadas si proveedores específicos no siguen los estándares de control de calidad. (Newton, 2024, párr. 7).

Por lo tanto, en esta categoría se busca explorar cómo la implementación de herramientas del IoT han ayudado a obtener tal visibilidad de los productos a los agricultores de la Zona Huetar Norte. Mediante sus respuestas se busca definir de qué forma esta tecnología facilita este proceso de una manera más eficiente y segura, debido a que, al mejorar la trazabilidad, se pueden reducir riesgos en el camino, mejorar la calidad de los productos y aumentar la competitividad en los mercados internacionales. Con respecto a esto, las respuestas de los entrevistados son las siguientes:

“Con IoT podemos rastrear cada lote de tubérculos desde la cosecha hasta su llegada al cliente, lo que mejora la transparencia” (Entrevistado 1).

“Los dispositivos IoT permiten tener un registro detallado de cada paso del producto, lo que facilita la trazabilidad de los envíos” (Entrevistado 2).

“Gracias a la tecnología, podemos saber en todo momento dónde están nuestros productos y si las condiciones de transporte son las adecuadas” (Entrevistado 3).

“Los sensores permiten un seguimiento continuo de la ubicación y las condiciones de los tubérculos durante todo el proceso de exportación” (Entrevistado 4).

“IoT hace que cada producto sea rastreable desde la planta hasta el destino final, lo que nos ayuda a dar informes precisos a los clientes” (Entrevistado 5).

“Gracias a los dispositivos, tenemos un control total sobre el trayecto y las condiciones de los tubérculos en cada etapa de la exportación” (Entrevistado 6).

“Podemos ver la ubicación exacta de los tubérculos en tiempo real y saber las condiciones en las que están durante el viaje” (Entrevistado 7).

“La trazabilidad se mejora porque los dispositivos IoT registran todos los datos importantes, como la temperatura y el tiempo de tránsito” (Entrevistado 8).

“IoT nos permite tener un historial completo de cada envío, lo que facilita el proceso de auditoría y la comunicación con los clientes” (Entrevistado 9).

“Con IoT, podemos darles a los clientes detalles precisos sobre el historial de cada carga, mejorando la confianza y la transparencia” (Entrevistado 10).

Análisis

A partir de las respuestas que dieron los entrevistados, se puede notar que todos coinciden en la importancia del IoT para la mejora de la trazabilidad de los tubérculos, se destaca que esta tecnología transforma la manera en que la que los productos eran gestionados con anterioridad a lo largo de la cadena de suministro. Se identifica que los entrevistados están todos de acuerdo en que son muchos los beneficios que aporta el IoT en cuanto a términos de visibilidad y control en tiempo real. Estas herramientas:

...proporcionan información en tiempo real sobre la ubicación, la temperatura y la humedad, lo que permite a los representantes de las empresas de alimentos ser más proactivos si algo sale inesperadamente mientras los productos están en tránsito. Los algoritmos predictivos también otorgan a cada paquete de alimentos una puntuación de frescura, estimando la probabilidad de que los consumibles se echen a perder durante el tránsito. (Newton, 2024, párr. 8).

Al respecto, los entrevistados concuerdan con ello, ya que mencionan que la tecnología de IoT ayuda a rastrear los tubérculos desde su cosecha hasta su destino final, lo que proporciona una mayor transparencia en el proceso. Asimismo, tal trazabilidad facilita el seguimiento del producto y permite a los agricultores o exportadores monitorear las condiciones de transporte, como la temperatura y el tiempo de tránsito. Todos estos son factores importantes para garantizar la calidad del producto, por ello, la importancia de estos datos es evidente, ya que muchos entrevistados destacaron la mejora en la calidad y la reducción de riesgos.

Además, varios entrevistados mencionaron cómo el IoT ayuda a generar informes precisos, lo que mejora la confianza de los clientes y fortalece la relación comercial, especialmente en mercados internacionales donde no se pueden cometer errores. El control sobre la ubicación y las condiciones de los tubérculos durante su exportación asegura que los productos lleguen en las mejores condiciones posibles, lo que mejora la calidad final del producto y aumenta la competitividad en el mercado. En síntesis, todos los entrevistados coinciden en el uso de IoT en la trazabilidad de los tubérculos tiene un impacto positivo y mejora la eficiencia operativa.

Categoría 2: Reducción de Pérdidas

Descripción

La segunda categoría de estudio se enfoca en cómo el uso de tecnologías como el IoT puede ayudar a reducir las pérdidas que ocurren en el transcurso de la cadena de suministro de los

tubérculos, debido a que en el transporte y almacenamiento los productos pueden deteriorarse o perder su buena calidad por condiciones inadecuadas de temperatura o tiempos de tránsito largos. Entonces, esta categoría estudia cómo tales herramientas ayudan a los agricultores y exportadores de la Zona Huetaar Norte a minimizar esos riesgos y que los tubérculos lleguen a su destino en las mejores condiciones posibles.

Según Juárez (2021), las pérdidas en la cadena de suministro suelen ser causadas por ineficiencias en las prácticas agrícolas, pero pueden ser prevenidas con el monitoreo en tiempo real de los cultivos, utilizando sensores que miden características como el color, tamaño y forma de los productos. La información permite un mejor control de las condiciones del cultivo, como el suministro de agua y la precisión en el aproximado de la fecha de cosecha; de esta manera, el uso de datos puede reducir considerablemente la cantidad de alimentos que se pierden antes de ingresar a la cadena de suministro. Las respuestas de los entrevistados son las siguientes:

“Los sensores alertan rápidamente si las condiciones de temperatura o humedad no son las correctas, lo que nos permite evitar que los tubérculos se pierdan” (Entrevistado 1).

“IoT permite monitorear en tiempo real las condiciones durante el transporte, ayudando a evitar que los productos sufran daños” (Entrevistado 2).

“Los dispositivos nos avisan de cualquier anomalía, lo que nos permite tomar acciones antes de que los productos se estropeen” (Entrevistado 3).

“Con los sensores podemos corregir las condiciones a tiempo, lo que reduce las pérdidas por mal manejo o transporte inapropiado” (Entrevistado 4).

“IoT ayuda a mantener los productos en buen estado durante todo el proceso, lo que reduce el riesgo de pérdidas y mejora la calidad” (Entrevistado 5).

“Al recibir datos en tiempo real sobre el ambiente, podemos ajustar las condiciones para reducir el riesgo de que los tubérculos se dañen” (Entrevistado 6).

“Los dispositivos IoT permiten intervenir rápidamente si detectamos cualquier cambio que pueda afectar la calidad de los productos” (Entrevistado 7).

“La tecnología nos permite detectar cualquier problema antes de que cause grandes pérdidas, garantizando que los tubérculos lleguen en buen estado” (Entrevistado 8).

“Con el monitoreo constante, podemos evitar que los tubérculos se dañen por condiciones adversas en el transporte” (Entrevistado 9).

“Gracias a IoT, podemos ajustar las condiciones en tiempo real, lo que minimiza las pérdidas y mejora la calidad del producto” (Entrevistado 10).

Análisis

A partir de las respuestas que dieron los entrevistados, se puede notar que los entrevistados están todos de acuerdo en la importancia del IoT para reducir las pérdidas en la cadena de suministro de los tubérculos. Todos respondieron que los sensores y dispositivos conectados son muy útiles en sus trabajos porque les ayudan a monitorear las condiciones en tiempo real, lo cual ayuda a prevenir que los productos se dañen durante el transporte o almacenamiento. Los dispositivos pueden detectar rápidamente cualquier cambio que se presente en las condiciones de temperatura o humedad, lo que permite tomar medidas para prevenir que los tubérculos se dañen.

Por ejemplo, según Juárez (2021), una etiqueta de seguimiento con sistema inteligente puede moverse a través de varios países y tener acceso a los datos de varias organizaciones dentro de la cadena de suministro, esto es una gran ayuda para que los exportadores tengan información precisa de sus productos durante el tránsito. Al contar con acceso a datos actualizados, como la ubicación, las condiciones de temperatura o humedad, los exportadores pueden tomar decisiones rápidas que pueden salvar la calidad de sus productos.

No obstante, las respuestas de los entrevistados dijeron que se enfocan en que, gracias al IoT, tienen un control más preciso sobre las condiciones ambientales a lo largo de todo el proceso,

desde la cosecha hasta la entrega final. Esto asegura que los tubérculos se mantengan en buen estado y conserven su calidad; además, gracias a esto pueden intervenir de manera inmediata ante cualquier alerta ayuda a reducir el riesgo de pérdidas y a mejorar la competitividad en el mercado, ya que los productos llegan en mejores condiciones.

En general, las respuestas de los entrevistados reflejan en su totalidad que las herramientas del IoT sí les facilitan el monitoreo constante y también les ayudan a minimizar las pérdidas y mejorar la calidad de los tubérculos. Cabe mencionar que esto genera mayor confianza tanto para los productores como para los consumidores de los tubérculos, ya que los productos de la entrega final están en muy buenas condiciones; además, la información en tiempo real les permite tomar decisiones rápidas.

Categoría 3: Competitividad

Descripción

En esta categoría se busca estudiar cómo el uso de las herramientas del IoT puede dar a los agricultores y exportadores una ventaja frente a otros competidores, debido a que, al utilizar herramientas como sensores y diversos dispositivos inteligentes, los agricultores pueden mejorar la calidad del producto, hacer el proceso más eficiente y asegurarse de que los tubérculos lleguen a su destino en el mejor estado posible. Todas estas ayudas pueden ser útiles para alcanzar una gran ventaja frente a las empresas competidoras que aún utilizan metodologías tradicionales.

Por ejemplo, según Procomer (2021), la tecnología de IoT en la agricultura utiliza soluciones de alta tecnología para la mejora de productividad, tales como “sensores en campo para obtener detalles de la topografía y recursos, conectividad con sus teléfonos para monitorear equipo y cultivos o ganado, drones para supervisión y tareas como fumigación (entre 40 y 60 veces más rápido que un proceso manual)”. (párr. 2). Todas estas herramientas ayudan a los agricultores a mejorar la calidad de sus cultivos y así destacar frente a otras que no usan estas tecnologías, lo que les permite acceder a mercados más grandes y competitivos. Las respuestas son las siguientes:

“Nos da mayor control sobre la calidad del producto y la trazabilidad, lo que genera confianza en los clientes” (Entrevistado 1).

“Nos permite ofrecer un servicio más eficiente y transparente, lo que nos hace más competitivos frente a otras empresas” (Entrevistado 2).

“Gracias a IoT, podemos optimizar la logística y reducir costos, lo que nos permite ofrecer precios más competitivos” (Entrevistado 3).

“La adopción de IoT nos da una ventaja en términos de calidad, rapidez y visibilidad en la cadena de suministro” (Entrevistado 4).

“IoT nos permite ofrecer un mejor servicio a los clientes al garantizar que los tubérculos lleguen en condiciones óptimas” (Entrevistado 5).

“Con IoT podemos ofrecer información en tiempo real a nuestros clientes, lo que nos diferencia de otros exportadores” (Entrevistado 6).

“Al monitorear las condiciones y la ubicación en tiempo real, mejoramos la eficiencia y reducimos los costos operativos” (Entrevistado 7).

“Implementar IoT nos hace más atractivos para mercados internacionales que buscan empresas con altos estándares de calidad” (Entrevistado 8).

“IoT nos da la ventaja de tomar decisiones más informadas y rápidas, lo que mejora nuestra competitividad en el mercado global” (Entrevistado 9).

“Al mejorar la trazabilidad y la eficiencia en todo el proceso, podemos ofrecer a los clientes mayor seguridad y transparencia” (Entrevistado 10).

Análisis

A partir de las respuestas que dieron los entrevistados, se observa por decisión unánime que la implementación del IoT en la agricultura y exportación de tubérculos es una herramienta que ayuda a optimizar los procesos; además, se destaca que esta puede ser una ventaja clave en un mercado cada vez más competitivo, donde es necesario destacar con productos de primera calidad. Por otro lado, los entrevistados destacan que el uso de sensores y dispositivos inteligentes les permite mejorar la calidad del producto y reducir costos. Al respecto, se observa que:

Los beneficios de implementar la agricultura de precisión para los productores pueden incluir la mejora de la cantidad y consistencia de los productos, la optimización de la aplicación de insumos, la reducción del impacto ambiental, el respeto a la legislación existente y con ello la mitigación de riesgos, la toma de decisiones económicas y eficientes. (Tovar, Solórzano, Badillo y Rodríguez, 2019, p. 1195).

Por lo tanto, el uso de IoT en la agricultura brinda ventajas competitivas al mejorar la calidad del producto y reducir los costos. Un punto recurrente en las respuestas de los entrevistados es la capacidad de las herramientas de IoT para proporcionar información en tiempo real, lo que les ayuda tomar las mejores decisiones con sus productos. Además de reducir las pérdidas, ayuda a que los clientes tengan una mayor tranquilidad de saber exactamente de dónde viene el producto y en qué condiciones llega. Asimismo, varios entrevistados dicen que esta tecnología les permite acceder a mercados más exigentes, donde se busca calidad y eficiencia en cada etapa.

En general, las respuestas se enfocaron todas en destacar los múltiples beneficios que ofrece el IoT para sobresalir en un mercado altamente competitivo. Los entrevistados coinciden en que esta tecnología es una ventaja significativa frente a aquellas empresas que aún usan los métodos tradicionales; gracias a esto, los agricultores y exportadores que trabajan con estas herramientas logran optimizar sus procesos y mejorar su reputación en el negocio de tubérculos.

Categoría 4: Toma de Decisiones

Descripción

En esta categoría se busca estudiar cómo el uso del IoT contribuye a que los agricultores y exportadores tomen decisiones más informadas, rápidas y estratégicas basadas en los datos recopilados por las herramientas tecnológicas. En otras palabras, el hecho de contar con datos en tiempo real les permite actuar con mayor conocimiento, acertando en las decisiones y evitando problemas antes de que se conviertan en grandes pérdidas. Entonces, gracias a herramientas como sensores inteligentes, dispositivos de monitoreo y sistemas automatizados, los productores pueden conocer el estado del suelo, condiciones climáticas, crecimiento de los cultivos, entre otros.

Todo esto ayuda a los agricultores a mejorar el uso de agua y fertilizantes en los cultivos, ya que saben con precisión que cantidad utilizar, además de que ayuda a reducir desperdicios y garantizar que sus productos crezcan sanos y fuertes, cumpliendo con los estándares de calidad de los mercados nacionales e internacionales. Por otra parte, al tener acceso a información detallada sobre cada etapa del proceso de los cultivos (desde la siembra hasta el transporte), pueden evitar todo tipo de problemas que podrían suceder en el proceso. Con respecto a esta categoría las respuestas son las siguientes:

“Podemos tomar decisiones más rápidas y basadas en datos precisos, lo que nos permite reaccionar más eficientemente” (Entrevistado 1).

“IoT nos proporciona datos en tiempo real, lo que mejora la calidad de las decisiones y la eficiencia en la cadena de suministro” (Entrevistado 2).

“Gracias a los dispositivos, tenemos información detallada sobre las condiciones de los tubérculos, lo que nos ayuda a tomar decisiones fundamentadas” (Entrevistado 3).

“IoT mejora la toma de decisiones al ofrecer datos que permiten prever posibles problemas antes de que ocurran” (Entrevistado 4).

“Con datos en tiempo real, podemos ajustar nuestras estrategias de logística y garantizar que todo salga según lo planeado” (Entrevistado 5).

“La tecnología nos permite tomar decisiones más informadas sobre la producción, el transporte y la venta de los tubérculos” (Entrevistado 6).

“IoT ayuda a predecir fallas en el sistema logístico antes de que ocurran, lo que nos permite tomar medidas correctivas rápidamente” (Entrevistado 7).

“Las decisiones ahora se basan en datos exactos de los sensores, lo que reduce la incertidumbre y mejora la calidad de las operaciones” (Entrevistado 8).

“La capacidad de monitorear todo en tiempo real nos permite tomar decisiones más eficaces sobre la cadena de suministro” (Entrevistado 9).

“Gracias a IoT, podemos analizar datos históricos y tomar decisiones a largo plazo basadas en información precisa” (Entrevistado 10).

Análisis

A partir de las respuestas que dieron los entrevistados, queda bien claro que la implementación del IoT en la agricultura y exportación ha cambiado por completo la forma en que se toman decisiones. Antes de esta tecnología, las personas debían tomar decisiones con su sabiduría empírica o calculando un aproximado esto, obviamente, podía generar errores; ahora, con acceso a datos en tiempo real y análisis más precisos, los productores pueden tomar decisiones exactas y prever cualquier contratiempo que pueda ocurrir, esto les ayuda a evitar pérdidas de los productos. Por ejemplo:

Mediante el uso de sensores de IoT, los agricultores pueden recopilar toda la información que necesiten sobre las condiciones mediante el monitoreo de parámetros. Estos parámetros incluyen la temperatura y la humedad del suelo, así como los niveles de humedad y

nutrientes. La información se procesa para ayudar a los agricultores a ajustar sus prácticas agrícolas. (A-Logics, 2025, párr. 2).

Por ende, gracias a todos estos datos, los agricultores tienen una base de dónde tomar decisiones prudentes para sus cultivos, tal y como se mencionó entre las respuestas de los participantes; gracias a estas herramientas ellos pueden reaccionar de manera inmediata ante cualquier cambio en el proceso productivo o logístico. Al contar con información detallada sobre el estado de los cultivos, las condiciones climáticas y la cadena de suministro, los agricultores y exportadores pueden prevenir problemas y actuar a tiempo.

Otro aspecto importante que mencionan los entrevistados es la reducción de la incertidumbre, ya que no están solo pensando en lo que podría ocurrir con los tubérculos, pues, gracias a las herramientas de IoT, hay datos concretos y no solo simples suposiciones, todo esto se traduce en mejores productos entregados al mercado, es decir, con altos estándares. Además, permite analizar tendencias y patrones a lo largo del tiempo, lo que ayuda a planificar a futuro las plantaciones de tubérculos.

Categoría 5: Clientes

Descripción

Esta categoría se enfoca en entender cómo el uso del Internet de las Cosas va más allá de ayudar a los agricultores y exportadores de tubérculos, pues trae ventajas importantes para sus clientes en otros países, debido a que, gracias a esta tecnología, los compradores internacionales pueden recibir productos de mejor calidad, con mayor frescura y con un seguimiento detallado desde su origen hasta su destino. Con tales herramientas los productores pueden asegurarse de la calidad de los productos que entregan:

El monitoreo y control de las condiciones ambientales y el uso de recursos permitirá mejorar la calidad y cantidad de los alimentos producidos. El sistema permitirá identificar y corregir

los problemas ambientales que puedan afectar el crecimiento de las plantas, y permitirá ajustar los niveles de recursos, como agua y fertilizantes, para maximizar el rendimiento de los cultivos. (Leal, et al. 2024, p. 91).

A raíz de ello, los clientes internacionales se ven beneficiados con productos de primera calidad, además, otro de los beneficios que reciben es la transparencia: los clientes pueden saber exactamente de dónde viene el producto, en qué condiciones fue cultivado, almacenado y transportado; todo esto permite que confíen más en la elección de los tubérculos que están comprando porque les da la seguridad de que están recibiendo el producto que esperan. Además, con la reducción de los desperdicios, los costos pueden ser menos elevados, lo que también es un punto positivo para los compradores.

Otro aspecto que es beneficioso es que los tubérculos pueden ser entregados con rapidez y con seguridad, debido a que los sensores y sistemas de monitoreo en tiempo real son capaces de detectar problemas en la cadena de distribución y corregirlo rápidamente, antes de que afecte la calidad del producto; por lo anterior, los clientes logran recibir sus pedidos en el tiempo estipulado y en las mejores condiciones que pueden esperar. En efecto, el uso del IoT en la agricultura de tubérculos optimiza el negocio, pero también hace que la compra de los clientes internacionales sea más confiable y agradable. Las respuestas son las siguientes:

“Los clientes pueden tener acceso a información en tiempo real sobre el estado de sus productos, lo que les da más confianza” (Entrevistado 1).

“IoT garantiza que los tubérculos lleguen en condiciones óptimas, lo que mejora la satisfacción del cliente” (Entrevistado 2).

“Los clientes internacionales valoran la trazabilidad de los productos y la capacidad de saber exactamente cuándo y cómo llegarán” (Entrevistado 3).

“Los clientes pueden ver el proceso completo de exportación y conocer el estado de los productos en todo momento” (Entrevistado 4).

“Al trabajar con empresas que usan IoT, los clientes reciben productos más frescos y con mayor seguridad” (Entrevistado 5).

“IoT ayuda a mejorar la comunicación entre las empresas y los clientes, asegurando una experiencia más fluida y eficiente” (Entrevistado 6).

“Los clientes internacionales pueden confiar más en que los productos cumplirán con los estándares de calidad, gracias a la monitorización constante” (Entrevistado 7).

“Los clientes pueden acceder a informes detallados sobre el proceso de exportación, lo que mejora la relación comercial” (Entrevistado 8).

“Al usar IoT, las empresas exportadoras pueden ofrecer una mayor seguridad sobre la calidad y el estado de los productos a los clientes” (Entrevistado 9).

“La tecnología mejora la transparencia del proceso, lo que permite a los clientes tener mayor confianza en sus pedidos” (Entrevistado 10).

Análisis

A partir de las respuestas de los entrevistados, se observa que el uso de las tecnologías del IoT tienen un impacto positivo en la experiencia de los clientes que reciben los tubérculos. Los entrevistados destacan la transparencia que esta tecnología brinda, gracias a la cual ellos pueden confiar más en los procesos y resultados; además, los clientes pueden tener acceso a información detallada y en tiempo real sobre el estado de los productos, lo que genera una mayor confianza al realizar todas sus compras. Como dice el entrevistado 1, tener acceso a esta información es fundamental para promover confianza en los compradores.

Otro punto clave por destacar entre las respuestas es que la calidad de los productos se mantiene durante todo el proceso de exportación, se tiene la certeza de que van a llegar en excelentes condiciones. La mayoría de los entrevistados destacan cómo el IoT asegura que los

tubérculos, lleguen en condiciones muy buenas y que los clientes puedan verificar su frescura y calidad antes de la entrega. Aunado a ello, también se habla sobre la seguridad, es decir, que los clientes reciben productos con una mayor seguridad porque saben que serán de calidad.

Además de ello, la trazabilidad es otro beneficio importante, como se menciona en varias respuestas, donde los clientes pueden conocer el proceso completo de exportación y tener la certeza de cuándo y cómo llegarán sus productos: “La agricultura inteligente presenta un aporte a la trazabilidad, mediante la aplicación de elementos de análisis de seguridad, la disponibilidad y precisión de datos”. (Hualpa y Rangel, 2023, p. 5). Por ello, tales detalles permiten tener un control del trayecto del producto, lo que mejora la relación comercial, como lo dicen los entrevistados.

Por ende, se determina que la tecnología del IoT es un recurso que optimiza los procesos para los productores y exportadores de tubérculos de la Zona Huatar Norte (según las respuestas recopiladas) pero, además, es una mejora la experiencia de compra para los clientes internacionales, debido a que reciben productos más frescos, con mayor transparencia y garantía de calidad en el producto final, con una mejor comunicación y transparencia durante todo el proceso de exportación.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para finalizar este trabajo de investigación, en este apartado se presentan las conclusiones generales sobre el uso del Internet de las Cosas como herramienta facilitadora para los procesos de exportación en el sector de tubérculos de la Zona Huatar Norte. Por consiguiente, las conclusiones a las que se logra llegar permiten presentar los principales hallazgos obtenidos de una manera más resumida, así como valorar el aporte del estudio al conocimiento académico. De esta manera, se busca resaltar el vínculo entre la tecnología y su aplicabilidad en contextos locales, valorando herramientas como el IoT que pueden adaptarse a las realidades del sector agrícola.

Conclusiones

En conclusión, la cadena de suministro de tubérculos en la Zona Huatar Norte está bien organizada desde la siembra hasta la exportación, aunque hay áreas por mejorar como el almacenamiento en frío y la logística. El IoT puede ser una herramienta clave para optimizar este proceso.

Como resultado, el uso de IoT mejora significativamente la gestión de la cadena de suministro, brindando mayor control sobre temperatura y humedad. Sin embargo, aún hay obstáculos como el costo y la falta de personal capacitado que ralentizan en ocasiones los procesos logísticos.

Se concluye que la integración del IoT en el monitoreo de calidad permite detectar cambios ambientales a tiempo y evitar daños en los tubérculos. Aunque hay retos como el costo y mantenimiento, en lo cual las empresas buscan conectividad.

Por otra parte, el IoT ha transformado la planificación logística, permitiendo el monitoreo en tiempo real de vehículos y condiciones de transporte, lo que ayuda a prevenir retrasos. A pesar de algunos retos, las empresas lo consideran clave para modernizar sus procesos.

En consecuencia, la adopción de IoT en el sector exportador de tubérculos muestra desigualdades, las grandes empresas lo implementan fácilmente, mientras que las pymes enfrentan limitaciones por los costos. Sin embargo, estas buscan soluciones accesibles para aprovechar el IoT.

Por otra parte, las barreras económicas, como los altos costos de adquisición, mantenimiento y capacitación, dificultan la adopción del IoT en la agricultura de la Zona Huetar Norte, lo que concluye que la falta de financiamiento y el largo plazo de recuperación limitan la modernización del sector.

Se llega a la conclusión de que las empresas temen ciberataques y la manipulación de información relacionada con la producción y logística, a esto se le suma la falta de conocimiento en ciberseguridad y recursos, lo cual limita la protección de sus sistemas y podría causar pérdidas económicas.

En pocas palabras, las limitaciones de los proveedores de tecnología, como la falta de soporte técnico, dispositivos limitados y conectividad, dificultan la implementación del IoT en la agricultura. Por tanto, se observa que los altos costos impiden a pequeños y medianos productores acceder a estas herramientas.

Se concluye que la falta de capacitación técnica en los trabajadores de la Zona Huetar Norte limita el uso del IoT, ya que requiere habilidades especializadas que no están fácilmente disponibles en zonas rurales; sin formación adecuada, las tecnologías no se aprovechan al máximo.

Para cerrar la idea la resistencia al cambio, se concluye que en las empresas exportadoras temen a lo desconocido, especialmente entre los agricultores que prefieren métodos tradicionales y la falta de comprensión sobre los beneficios del IoT alimenta esta resistencia.

En conclusión, el IoT mejora la trazabilidad de los tubérculos, permitiendo monitorear en tiempo real su ubicación, temperatura y humedad, esto garantiza la calidad del producto, previene riesgos y aumenta la confianza de los clientes.

El IoT reduce las pérdidas en la cadena de suministro de tubérculos al monitorear la temperatura y humedad, previniendo el deterioro de los productos, esto aumenta la competitividad y genera confianza entre productores y consumidores.

Se concluye que el uso del IoT en la agricultura y exportación de tubérculos otorga ventajas competitivas, optimizando procesos, mejorando la calidad y reduciendo costos. Las empresas que adoptan estas tecnologías se destacan frente a las que usan métodos tradicionales.

El IoT ha transformado la toma de decisiones en la agricultura y exportación de tubérculos, permitiendo a los agricultores basarse en datos en tiempo real sobre clima, suelo y cultivos. Esto les ayuda a tomar decisiones más acertadas y prevenir problemas.

Se concluye que el uso del IoT beneficia a los agricultores, pero también a los clientes internacionales, quienes pueden conocer el estado del producto durante todo el proceso; esto mejora la experiencia de compra, garantizando productos frescos, de calidad y más seguros.

Finalmente, en respuesta a la pregunta de investigación, el uso del IoT ha mejorado significativamente el proceso de exportación de tubérculos, permitiendo operar de manera más eficiente, segura y organizada. Esta tecnología también beneficia a los productores, quienes, al contar con información en tiempo real sobre sus cultivos, pueden tomar decisiones más informadas, corregir errores y optimizar sus resultados. El IoT aumenta la competitividad frente a otras empresas y brinda mayor seguridad para enfrentar los desafíos del comercio, ofreciendo la oportunidad de mejorar sus procesos y expandir sus negocios.

Recomendaciones

Se recomienda a las empresas exportadoras de la Zona Huastaca Norte mejorar sus procesos de almacenamiento y logística mediante la incorporación del IoT. Las empresas pueden utilizar sensores para monitorear en tiempo real parámetros clave como la temperatura, la humedad y la ubicación de los productos durante su almacenamiento y transporte. Esta implementación mejorará

la eficiencia operativa, reducirá riesgos de pérdidas y garantizará que los tubérculos mantengan su calidad hasta su destino final.

Se recomienda a los exportadores de tubérculos de la Zona Huatar Norte implementar de forma gradual tecnologías del IoT, iniciando en áreas de mayor riesgo como bodegas de almacenamiento y sistemas de transporte. Para lograrlo, pueden comenzar utilizando herramientas básicas y de bajo costo que les permitan familiarizarse con esta tecnología sin una inversión inicial elevada. Esta acción les servirá para optimizar sus procesos logísticos, reducir pérdidas por manejo inadecuado y fortalecer su competitividad en los mercados internacionales.

Se recomienda a las empresas exportadoras de la Zona Huatar Norte implementar el uso de IoT para monitorear la calidad del producto en cada etapa del proceso. Para ello, deben capacitar a su personal en el manejo de sensores simples y en la interpretación de los datos recolectados, de modo que puedan identificar variaciones en la calidad del producto de forma oportuna. Esto permitirá reducir pérdidas por deterioro, garantizar la trazabilidad del producto y aumentar la satisfacción de los compradores internacionales.

A las empresas exportadoras de la Zona Huatar Norte se les sugiere utilizar tecnologías de IoT para optimizar la planificación logística, mediante el monitoreo en tiempo real de los vehículos y las condiciones de transporte. Para lograrlo, deberán instalar dispositivos GPS en las unidades de transporte y capacitar al personal en el uso y análisis de los datos. Esta medida servirá para anticipar posibles problemas en la cadena logística, reducir los retrasos y garantizar una distribución más eficiente y segura de los productos hacia su destino final.

Se recomienda que instituciones públicas como el MAG, el MICITT y el INA, así como cooperativas de la región como Coopeande 7, brinden apoyo a las pymes exportadoras de la Zona Huatar Norte para facilitar el acceso a tecnologías IoT, mediante la creación de créditos accesibles, subsidios dirigidos o alianzas estratégicas con proveedores tecnológicos. El objetivo es reducir la brecha tecnológica entre las pequeñas y medianas empresas exportadoras, mejorando su competitividad, productividad y sostenibilidad en el mercado nacional e internacional.

A las empresas exportadoras de la Zona Huetar Norte se les recomienda capacitar a su personal técnico y administrativo en temas de ciberseguridad, con el objetivo de garantizar un uso seguro del IoT, mediante prácticas como la protección de datos sensibles, el uso de contraseñas seguras, la identificación de amenazas digitales y el manejo de protocolos de seguridad. Esto permitirá minimizar los riesgos del uso de IoT, proteger la información y asegurar la continuidad de las operaciones sin debilidades tecnológicas.

Se les recomienda a las empresas exportadoras de la Zona Huetar Norte invertir en capacitaciones al personal agrícola y al personal encargado de las exportaciones, con enfoque en el uso de tecnologías de IoT. Estas deben diseñarse de forma sencilla, además de incluir acompañamiento técnico durante su implementación, lo cual facilitará la apropiación de estas herramientas, promoviendo una adopción exitosa del IoT que mejore la productividad, trazabilidad y control de calidad en los procesos agrícolas y de exportación.

Se recomienda a las empresas exportadoras de la Zona Huetar Norte continuar utilizando y fortaleciendo el uso de herramientas de IoT para mejorar la trazabilidad de sus productos. Para ello, pueden instalar sensores para monitorear en tiempo real el recorrido de los tubérculos, asegurando que se mantenga su calidad en todo momento. Esto traerá mayor confianza en los clientes nacionales e internacionales, prevenir pérdidas por manejo inadecuado y cumplir con los estándares de calidad exigidos por los mercados de exportación.

Se recomienda a los productores agrícolas de tubérculos de la Zona Huetar Norte aprovechar los datos generados por las tecnologías IoT para tomar decisiones informadas en sus procesos productivos. Para ello, se sugiere el uso de plataformas sencillas que muestren en tiempo real variables como la humedad del suelo, las condiciones climáticas o el estado de los cultivos, facilitando así la toma de decisiones precisas y oportunas. Esta medida permitirá mejorar la planificación agrícola, optimizar el uso de recursos y evitar pérdidas económicas asociadas a prácticas inadecuadas o condiciones ambientales adversas.

A las empresas exportadoras de la Zona Huetar Norte se les recomienda fortalecer el uso del IoT en sus procesos de exportación, con el objetivo de aumentar la confianza de los clientes

internacionales. Para ello, pueden instalar sensores y utilizar plataformas digitales que permitan monitorear el recorrido del producto en tiempo real y compartir esta información con los clientes. Esto mejorará la transparencia en el proceso de exportación y asegurará una mayor satisfacción del cliente y un control de calidad más riguroso.

Se recomienda a las empresas exportadoras de la Zona Huetar Norte realizar pruebas piloto antes de realizar una inversión IoT, las cuales permitirán a las empresas conocer el funcionamiento real de la tecnología, adaptarse de manera gradual y observar los beneficios sin el riesgo de grandes pérdidas económicas. Con esta estrategia, las empresas podrán ajustar sus procesos y determinar cuáles soluciones IoT ofrecen un retorno de inversión adecuado, antes de comprometerse a implementaciones a gran escala.

Se recomienda a las instituciones educativas y centros de formación técnica, como el INA, incluir el tema del IoT en sus programas de formación. Es fundamental ofrecer educación sobre los beneficios de esta tecnología, especialmente en el campo agrícola y en los procesos de exportación, para que los futuros profesionales estén capacitados en su uso y puedan implementarlo a futuro. Este enfoque contribuirá a la creación de una fuerza laboral más preparada, capaz de aprovechar las herramientas tecnológicas para mejorar la productividad y competitividad del sector agrícola y exportador.

Se aconseja a los jefes o encargados de las empresas exportadoras de la Zona Huetar Norte, fomentar una cultura de cambio e innovación dentro de sus equipos. Es común que el temor al cambio impida la adopción de nuevas tecnologías, por eso se debe motivar al personal a superar este miedo y a aprender las ventajas de la tecnología. Esto mejorará la disposición del personal hacia la adopción de nuevas tecnologías y permitirá a las empresas mejorar sus procesos productivos y mantenerse competitivas en el mercado global.

Se recomienda a las municipalidades de la Zona Huetar Norte ofrecer espacios de capacitación comunitaria sobre IoT. La organización de charlas sencillas y talleres prácticos permitirá a los agricultores conocer de manera accesible los beneficios y aplicaciones del IoT en sus actividades productivas. Estas iniciativas contribuirán a que más agricultores se animen a

adoptar la tecnología, mejorando su productividad y competitividad en el sector agrícola y exportador.

Se aconseja a los exportadores de tubérculos de la Zona Huetar Norte mantener un seguimiento constante del funcionamiento de los sensores y dispositivos IoT instalados en sus procesos de exportación. Es importante recordar que no basta con instalar estos dispositivos; también es necesario revisarlos regularmente y darles el mantenimiento adecuado para garantizar su buen funcionamiento y sacar el máximo provecho de ellos. Este seguimiento permitirá asegurar que los datos recolectados sean precisos y confiables, optimizando los procesos de monitoreo y mejora continua.

Se recomienda a los futuros investigadores explorar el impacto del IoT en la agricultura, enfocándose en cómo la capacitación y la infraestructura adecuada pueden facilitar su adopción en comunidades rurales y con recursos limitados. Es importante analizar los beneficios económicos, ambientales y sociales del IoT, como la equidad en el acceso y su impacto en la calidad de vida de los productores. Este tipo de investigaciones ayudará a desarrollar políticas públicas que promuevan el uso inclusivo y efectivo del IoT en el sector agrícola.

CAPÍTULO VI: PROPUESTA

Luego de la investigación y de las conclusiones a las cuales se llegó, se presenta una propuesta práctica para fortalecer el uso de tecnologías del Internet de las Cosas en los procesos de exportación de tubérculos en la Zona Huetar Norte. Esta consiste en el diseño de una página web informativa para los productores y exportadores, con el fin de brindar orientación sobre el aprovechamiento de las herramientas del IoT en la agricultura. Cabe mencionar que la propuesta se da como respuesta a las necesidades detectadas durante la etapa de análisis y busca promover procesos más eficientes para el sector agroexportador.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar una página web informativa de apoyo para las empresas exportadoras de tubérculos, con miras a las mejoras logísticas con la aplicación de la IoT.

Objetivos Específicos

Explicar las formas de la implementación de la IoT para la agilización de sus procesos en la toma de decisiones logísticos.

Identificar las organizaciones dedicadas a la asesoría sobre el IoT para las empresas exportadoras de tubérculos.

Perspectiva Teórica

El sector agroexportador de la Zona Huetar Norte es una parte significativa del desarrollo económico del país, además, los tubérculos son uno de los productos de mayor demanda (tanto a nivel nacional como internacional). Sin embargo, a pesar de que hoy en día hay tantos avances en comercialización, aún existen muchas limitaciones en el acceso a tecnologías como el IoT por parte

de pequeños y medianos productores. Muchas veces se encuentran en desventaja frente a grandes empresas que cuentan con mayores recursos para integrar procesos automatizados y plataformas de monitoreo.

En este contexto, la tecnología del IoT es una herramienta que puede ayudar a transformar las prácticas tradicionales en el campo y en la exportación mejorándolas en muchas perspectivas. Por ejemplo, el poder monitorear la temperatura, almacenamiento, transporte y distribución podría ser un cambio significativo para mejorar los tiempos y mejorar la calidad del producto final previniendo posibles daños. No obstante, la brecha digital y la falta de conocimiento sobre estas tecnologías sigue limitando su adopción en el ámbito rural.

Tomando esto como referencia, esta propuesta se realiza para que sirva como una herramienta entre el conocimiento y su aplicación en la realidad de los exportadores y agricultores de áreas rurales. Por consiguiente, al desarrollar una página web que sea informativa se quiere que los productores puedan entender y utilizar fácilmente la tecnología del IoT para mejorar sus procesos logísticos. La página buscar brindar información sobre cómo usar estas tecnologías y dar consejos prácticos para que puedan aplicarlas de manera sencilla.

Propuesta

La presente propuesta tiene como propósito desarrollar una página web informativa y educativa que facilite el acceso sobre el uso del Internet de las Cosas para las personas agricultores y exportadores. Esta es una iniciativa como respuesta a la necesidad de brindar a los productores y exportadores una herramienta digital sencilla, accesible, útil y sin costo alguno, que les permita conocer, comprender e implementar tecnologías IoT en sus procesos logísticos, lo cual contribuye a una mejora en su competitividad e innovación.

Factibilidad

Se reconoce que esta propuesta de una página web es viable tanto técnica y económicamente, ya que el diseño de una página web básica puede realizarse con herramientas

accesibles para todos. Además, una vez que esta página se encuentre lista, proporcionará a los productores y exportadores una plataforma sencilla de usar que les permitirá acceder a información actualizada sobre las tecnologías IoT, así como guías sobre cómo implementarlas en su día a día. Cabe mencionar que el costo de desarrollo de la página es bajo utilizando servicios de desarrollo web gratuitos o económicos.

Estructura de la Página Web (requisitos/elementos)

La página web contará con las siguientes secciones principales:

- Inicio: aparece el nombre de la página, presentación del objetivo de la plataforma y los beneficios del uso de IoT en la logística
- Explicación de ¿qué es el IoT?: se presenta de una manera clara, sencilla y que atraiga al lector
- Empresas Logísticas con IoT: Servicios que ofrecen y beneficios
- Asesoría en IoT para empresas exportadora: Lista de empresas que ayudan a implementar el IoT en las empresas y brindan información para cada empresa personalmente

Ilustración 22

Página de Inicio del Recurso Web



Nota: Elaboración propia.

Recursos

- Humanos: diseñador web
- Técnicos: plataforma de diseño web
- Materiales: videos, imágenes, documentos explicativos

Cronograma de Aplicación

Actividad	Fechas
Diseño de estructura web.	Del 10 al 16 de febrero.
Creación de contenidos para la página.	Del 17 al 23 de febrero.
Desarrollo y pruebas del sitio.	Del 24 de febrero al 16 de marzo.
Lanzamiento oficial.	El 17 de marzo.

Nota: Elaboración propia.

Evaluación de Resultados

Para saber si la propuesta funciona, se medirán los siguientes puntos:

- Cuántas personas visitan la página web
- Cuánto interactúan con los recursos
- Las opiniones de los usuarios acerca de la página
- Cómo los agricultores y exportadores sienten que les ha ayudado la página

Ilustración 23

Espacio para Consultas y Opiniones del Recurso Web



Nota: Elaboración propia.

Referencias Bibliográficas

Acosta, Z. y Soberón, M. (2008). *Fuentes de información para la recolección de información cuantitativa y cualitativa*. Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica. <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/06/885032/texto-no-2-fuentes-de-informacion.pdf>

Agencia Agro. (23 de marzo de 2023). *Los 10 principales riesgos y oportunidades para la agricultura*. Agencia Agro. <https://agenciaagro.com/los-10-principales-riesgos-y-oportunidades-para-la-agricultura-en-brasil-chile-y-uruguay-segun-el-centro-de-excelencia-en-agronegocios-de-ey/>

Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo (USAID). (2009). *Guía Aduanera de Costa Rica*. https://www.hacienda.go.cr/docs/5224c2cfb7c51_GUIAADUANERADECOSTARICA.pdf

Agritech Colombia. (2025). *¿Cómo implementar IoT en tu finca?* [Sitio web]. <https://agritechcolombia.com/como-implementar-iot-en-tu-finca>

Agrotendencia TV. (2024). *Agricultura de precisión: Retos de implementación*. <https://agrotendencia.tv/agricultura/agricultura-de-precision/agricultura-de-precision-retos-de-implementacion/>

Agudelo, M. (2021, agosto 23). *Qué beneficios aporta el Internet de las Cosas en la agricultura*. LinkedIn. <https://es.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-beneficios-aporta-el-internet-de-las-cosas-en-la-agudelo>

A-Logics. (2025). IoT in agriculture: Use cases, benefits, and challenges. *A3Logics*. Retrieved from <https://www.a3logics.com/blog/iot-in-agriculture/>

Alvarado, J. (2025, enero 23). *¿Cuánto se ha encarecido la papa y el tomate en Costa Rica? Estos son los primeros precios oficiales del 2025*. El Observador. <https://observador.cr/cuanto->

se-ha-encarecido-la-papa-y-el-tomate-en-costa-rica-estos-son-los-primeros-precios-oficiales-del-2025/

Avilés Chávez, J., y Piedra Naranjo, R. (2017). *Manual del cultivo de papa en Costa Rica (Solanum tuberosum)*. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f01-10931.pdf>

Azofeifa Alvarado, D., y Solís Carballo, E. (2015). *Modelo para el pronóstico financiero de siembra y comercialización de tubérculos: Caso Ñame*. [Trabajo de grado]. Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/5793>

Banco Mundial (2024). *Agricultura inteligente con respecto al clima*. Grupo Banco Mundial. <https://www.bancomundial.org/es/topic/climate-smart-agriculture>

Barrientos, O. y Chaves, G. (2008). *Región Huetar Norte: Oferta exportada actual y oferta potencial de productos agropecuarios alternativos*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E71-10543.pdf>

BASF. (16 de abril del 2024). *Ciencia y Tecnología en campo: innovación en la agricultura*. BASF Chile. <https://agriculture.basf.com/cl/es/contenidos-de-agricultura/ciencia-y-tecnologia-en-campo-innovacion-en-agricultura>

Bayona, Celis, J. y Arboleda Díaz, E. (2023). *Protocolo de investigación: Identificar el uso y funcionamiento de la tecnología de drones en el sector agropecuario de la sabana de Bogotá*. Universidad EAN. <https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/8ddabaca-eebb-4527-ad2b-1eeccd561b51/content>

Brace, I. (2013). *Diseño de cuestionarios: Cómo planificar, estructurar y redactar material de encuesta para una investigación de mercado eficaz*. Kogan Page Limited.

- Brenes Granados, C. y Sandí Delgado, J. Retos y desafíos para el fortalecimiento y apoyo de las capacidades de gestión empresarial a través del trabajo comunal universitario (TCU) en las PYMES de Pococí, Limón, Costa Rica. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, 12(24). 7-21. <https://www.redalyc.org/pdf/666/66622581001.pdf>
- Brioagro. (2025). *Riego inteligente: El futuro del riego en las smart cities*. Brioagro. <https://brioagro.es/riego-inteligente-smartcity/>
- Bodhe, S. (2023, 4 de mayo). *Smart farming: Using IoT to optimize agricultural operations*. Medium. <https://medium.com/@sakshi.bodhe21/smart-farming-using-iot-to-optimize-agricultural-operations-e3573b24f85d>
- Bowen, E. (2024, enero 3). *Mercado de IoT en la agricultura: Cómo el IoT está transformando la agricultura y la ganadería*. Telnyx. <https://telnyx.com/resources/agriculture-iot-market>
- Carrasco, J. B. (2001). *Gestión de Procesos*. Evolución S. A. https://www.academia.edu/6236588/Gestion_de_Procesos_Juan_Bravo_Carrasco
- Cadena SER. (2024, 22 de enero). *El campo español, obligado a digitalizarse: La fecha límite es 2026*. Radio Aranda. <https://cadenaser.com/castillayleon/2025/01/22/el-campo-espanol-obligado-digitalizarse-la-fecha-limite-es-2026-radio-aranda>
- Chancellor, C. (s. f.). *El futuro de la agricultura: Del control de los datos a la soberanía alimentaria*. Friends of the Earth Europe. https://friendsoftheearth.eu/wp-content/uploads/2020/11/ES_future_of_farming_report.pdf
- Chandra. (2018, 11 de octubre). *Tres grandes obstáculos para el IoT en la agricultura*. Big Data Platform - CGIAR. <https://bigdata.cgiar.org/three-major-obstacles-for-iots-in-agriculture/>

- COMEX. (2023). *Informe anual de labores de mayo 2023- abril 2024*.
<https://www.comex.go.cr/media/10338/informe-de-labores-2023-2024-asamblea-legislativa.pdf>
- Codex Alimentarius. (2020). Norma para la patata (papa) de consumo (CXS 339-2020). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura y Organización Mundial de la Salud. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>
- DPL News. (2024, enero 19). *Costa Rica: organizaciones de agricultores reciben drones de última tecnología*. <https://dplnews.com/costa-rica-organizaciones-de-agricultores-reciben-drones-de-ultima-tecnologia/>
- Esquivel Sibaja, M., & Villalobos Vargas, C. (2015). *Investigación de mercados para determinar si existe mercado potencial de raíces y tubérculos en Puerto Rico, España y Canadá* [Tesis de bachillerato, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio del Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- FAO (2021). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo*. <https://www.fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-state-of-food-security-and-nutrition-in-the-world/es>
- González, Medarno, Z. (2007). Sistema de riego automatizado. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 4(8). 1-7.
<https://www.pag.org.mx/index.php/pag/article/view/693>
- González, J. (2020). Una mujer de pie junto a una pila de contenedores negros [Fotografía]. Unsplash. <https://unsplash.com/es/fotos/una-mujer-de-pie-junto-a-una-pila-de-contenedores-negros-ohYj7pKgCCM>

- Guijarro, Rodríguez, A., Cevallos, Torres, L., Preciado, Maila, D. y Zambrano, Manzur, B. (2018). Sistema de riego automatizado con Arduino. *Revista Espacios*, 39(7). 1-15. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n37/a18v39n37p27.pdf>
- Halverson, T., Rimal, B., & Wang, Y. (2023, junio 30). *Ciberseguridad en la agricultura de precisión: Cómo proteger los campos conectados de Estados Unidos*. InfoSecurity Magazine. <https://www.infosecurity-magazine.com/blogs/cybersecurity-in-precision/>
- Hernández, L. (2016, septiembre 9). *El tractor autónomo quiere revolucionar la agricultura*. Autocosmos. <https://noticias.autocosmos.com.ve/2016/09/09/tractor-autonomo-quiere-revolucionar-la-agricultura>
- Hernández, R., Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf
- Hualpa Zúñiga, A. M., & Rangel Díaz, J. E. (2023). Trazabilidad en el sector agrícola: una revisión para el periodo 2017–2022. *Agronomía Mesoamericana*, 34(2), 1-19. <https://doi.org/10.15517/am.v34i2.51828>
- Instituto Nacional de Aprendizaje. (2025). *Núcleo de formación y servicios tecnológicos agropecuarios*. https://www.ina.ac.cr/SitePages/nucleos/Agropecuario.aspx?utm_sour
- Intralogistics Valencia. (2024, 10 de abril). *Tecnologías de seguimiento y trazabilidad de productos*. <https://www.intralogisticsvalencia.com/2024/04/10/tecnologias-de-seguimiento-y-trazabilidad-de-productos/>
- Jiménez, L. (2023, 12 de septiembre). *IoT: Tecnologías, casos de uso, ventajas y limitaciones. Guía completa*. UBI Solutions. <https://blog.ubisolutions.net/es/iot-tecnologias-casos-de-uso-ventajas-y-limitaciones-guia-completa>

- Juárez, C. (2021, 4 de enero). *Cómo las tecnologías IoT pueden reducir el desperdicio de alimentos en la cadena de suministro*. The Logistics World. <https://thelogisticsworld.com/logistica-y-distribucion/tecnologias-iot-pueden-reducir-el-desperdicio-de-alimentos-en-la-cadena-de-suministro/>
- La Nación. (2021, 20 de febrero). *Yuca Valencia, de Santo Domingo*. La Nación. Recuperado de <https://lanacion.com.ec/yuca-valencia-de-santo-domingo-de-los-tsachilas-para-el-mundo/>
- Landeta Bolaños N., y Cadena Cortez S. (2024). Análisis de las Tendencias de Mercado Internacional para el 2024, para una Mediana Empresa. *Ciencia Latina Administración y Finanzas*, 8 (1), 5191-5215. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/9852>
- Laverde, Mena, J. y Laverde, Mena, C. (2021). Internet de las cosas aplicado en la agricultura ecuatoriana: Una propuesta para sistemas de riego. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*. 8 (2), 1-14. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-78902021000100031&script=sci_arttext
- Leal González, M., Toranzo Peña, A., López Caballero, Y., & Vargas Ricardo, A. (2024). Agricultura inteligente: una alternativa con más eficiencia y calidad. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 17(8), 86-98. <http://publicaciones.uci.cu>
- Linares, Y., y Gutiérrez, G. (2001). El mercado mundial de la papa. *Aldea Mundo*, 5(10). 59-69. <https://www.redalyc.org/pdf/543/54301008.pdf>
- Lizano, E. (2016). ¿Hacia otro modelo de desarrollo? *Revista Análisis*, 9(1). 1-23. <https://www.academiaca.or.cr/wp-content/uploads/2019/04/Hacia-otro-modelo-de-desarrollo.pdf>

- Logihfrutic. (2017). *Empaques y Embalajes*. Universidad de Ibagué. <https://logihfrutic.unibague.edu.co/logistica-y-comercio/empaques-y-embalajes>
- Manrique, Nugent, M., Teves, Quispe, J., Taco, Llave, A., y Flores, Morales, J. (2019). Gestión de cadena de suministro: una mirada desde la perspectiva teórica. *Revista Venezolana de Gerencia*, 24(88), 1136-1143. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29062051009>
- Mikkelsen, F. (16 de julio del 2015). *La investigación de mercados, pieza clave en el proceso de toma de decisiones de marketing*. Conexión-esan. <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/investigacion-mercados-pieza-clave-proceso-toma-decisiones-marketing>
- Ministerio de Asuntos Exteriores. (14 de febrero del 2019). *Exportación de raíces y tubérculos en Europa*. CBI Ministerio de Asuntos Exteriores. <https://www.cbi.eu/market-information/fresh-fruit-vegetables/roots-tubers>
- Mora Gonzáles, S. (2015). Entendiendo el internet de las cosas. *Revista Investiga TEC*. 24(1). 22-23. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/investiga_tec/article/view/2381
- Mora Vargas, P. (2024, agosto 3). *Brecha digital: Vivir en Z*. Universidad de Costa Rica. <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2024/3/08/brecha-digital-vivir-en-z>
- Monnet. (2022). *Retos y oportunidades de la IoT en la industria lechera: Transformando la producción láctea a través de la conectividad*. Monnet. <https://monnet.com.bo/retos-y-oportunidades-de-la-iot-en-la-industria-lechera-transformando-la-produccion-lactea-a-traves-de-la-conectividad/>
- Muñoz Alguera, A. (2016). *Propuesta de un cuadro de mando integral para la empresa Tropifoods E.I.A.E S.A.* [Tesis de maestría]. Universidad de Costa Rica. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/e37cb275-a84e-41ef-9d17-da2894b22c8e/content>

- National Kidney Foundation. (2022). *Superalimentos buenos para los riñones*. Kidney.org. https://www.kidney.org/sites/default/files/root_vegetables_spanish.pdf
- Newton, E. (2024, 22 de enero). *Cómo el Internet de las Cosas (IoT) mejora la trazabilidad de los alimentos*. Veggies from Mexico. <https://veggiesfrommexico.com/es/otras-noticias/como-el-internet-de-las-cosas-iot-mejora-la-trazabilidad-de-los-alimentos/>
- OEC (2022). *Raíces de mandioca (yuca), arrurruz o salep, aguaturmas (patacas), batatas (boniatos, camotes) y raíces y tubérculos similares ricos... en Costa Rica*. OEC world. <https://oec.world/es/profile/bilateral-product/cassava/reporter/cri>
- Olarte Parra, A. (2013). *Diversificación geográfica de las exportaciones en una economía en desarrollo*. Universidad de los Andes. [Trabajo de grado]. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/a059fd88-f323-4a2a-bffe-e9e443be4176/content>
- Periódico Enlace. (2021, septiembre 15). *Las mujeres del bicentenario 2021: Una prensa*. Periódico Enlace. <https://www.periodicoenlace.com/destacadaprincipal/las-mujeres-del-bicentenario-2021-una-prensa/>
- Pervez Bharucha, Z. (14 de octubre del 2013). *Producción sostenible de alimentos: hechos y cifras*. Scidev. <https://www.scidev.net/america-latina/features/produccion-sostenible-de-alimentos-hechos-y-cifras/>
- Potosí Benavides, C., Muñoz Guachavez, D., y Córdoba Cely, C. (2020). Diseño de comida como fuente de innovación social. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas*, 21(1). 84-109. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-86932020000100084

PROCOMER. (2021, 19 de abril). *Aumentan aplicaciones de IoT en el sector agrícola*. https://www.procomer.com/alertas_comerciales/exportador-alerta/aumentan-aplicaciones-de-iot-en-el-sector-agricola/

PROCOMER (2023). *Datos de raíces y tubérculos*. Esencial Costa Rica. https://www.procomer.com/wp-content/uploads/PRO_OnePagers_Raices-y-Tuberculos.pdf

PROCOMER. (2023). *Exportaciones de bienes en Costa Rica crecen un 15,5% en el 2023*. COMEX. <https://www.comex.go.cr/sala-de-prensa/comunicados/2024/enero/cp-2930-exportaciones-de-bienes-en-costa-rica-crecen-un-15-5-en-el-2023/>

PROCOMER. (2024). *PROCOMER presenta perfil de Región Huetar Norte para incentivar oportunidades de inversión*. <https://www.procomer.com/noticia/procomer-presenta-perfil-de-region-huetar-norte-para-incentivar-oportunidades-de-inversion/>

Quesada, G. (2024, enero 19). *Preservando tradiciones agrícolas en la Zona Norte: la "aporrea" de frijoles persiste*. El Norte Hoy. <https://elnortehoycr.com/2024/01/19/preservando-tradiciones-agricolas-en-la-zona-norte-la-aporrea-de-frijoles-persiste/>

Rajak, P., Ganguly, A., Adhikary, S., y Bhattacharya, S. (2023). Internet of Things and smart sensors in agriculture: Scopes and challenges. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, (1). 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100776>

Román, L. (2018). *Análisis de la cadena logística de la yuca en Costa Rica*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/fbc9dcef-22fc-407c-8c76-ad373a08c735/content>

Salas, E. (2018). Repensando la educación rural en una zona transfronteriza entre Costa Rica y Nicaragua: El caso de la Región Huetar Norte (RHN). *Revista Electrónica Educare*, 22(2). 1-19. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ree/v22n2/1409-4258-ree-22-02-324.pdf>

- Segura A., Saborío D. y Sáenz M. (2003). Algunas normas de calidad en raíces y tubérculos tropicales de exportación de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 27(1). 49-61. https://www.mag.go.cr/rev_agr/v27n01_049.pdf
- Servicio Fitosanitario del Estado. (2012). *Procedimiento para la exportación a través de punto de salida aéreo (F.E.0.4)*. Departamento de certificación Fitosanitaria, Sector Agroalimentario. https://www.sfe.go.cr/GuiasTecnicasExportaciones/FE04_GT_proced_para_exportacion_a_traves_de_pto_salida_aereo.pdf
- TecnoyFoto. (2024). *Sensores de temperatura y humedad DHT11 y DHT22*. TecnoyFoto. <https://tecnoyfoto.com/sensores-de-temperatura-y-humedad-dht11-y-dht22>
- Tecnológico de Costa Rica. (2017). *El futuro toca a las puertas de la agricultura. Pensis, IX Edición*. <https://www.tec.ac.cr/pensis/articulos/futuro-toca-puertas-agricultura>
- Tektelic. (2022, 2 de junio). *The whole truth about smart farming: Pros and cons you need to know*. Tektelic. <https://tektelic.com/expertise/the-whole-truth-about-smart-farming-pros-and-cons-you-need-to-know/>
- Toledo, N. (s.f.). *Técnicas de investigación cualitativas y cuantitativas*. Universidad Autónoma del Estado de México. <https://core.ac.uk/download/pdf/80531608.pdf>
- Tovar Soto, J. P., Solórzano Suárez, J. de los S., Badillo Rodríguez, A., & Rodríguez Cainaba, G. O. (2019). *Internet de las cosas aplicado a la agricultura: estado actual*. *Lámpsakos*, 22, 86-105. <https://doi.org/10.21501/21454086.3253>
- Universidad Europea. (17 de mayo del 2022). *Logística y comercio internacional: ¿qué relación tienen?* Universidad Europea. <https://universidadeuropea.com/blog/comercio-internacional-transporte-logistica/>

Varas, J. (2024, 28 de octubre). *Cultivos del futuro: Oportunidades y desafíos del Internet de las Cosas en la agricultura chilena*. Universidad de O'Higgins. <https://www.uoh.cl/cultivos-del-futuro-oportunidades-y-desafios-del-internet-de-las-cosas-en-la-agricultura-chilena/>

Vargas Céspedes, A., Watler, W., Morales, M., & Vignola, R. (2017). *Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de la yuca en Costa Rica*. Fondo de Adaptación. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8215.pdf>

Apéndice

Investigador: Jorge Badilla Castillo

Introducción: El presente cuestionario tiene por finalidad la recolección de datos relevantes para la resolución del proyecto de investigación titulado “Estudio del proceso facilitador de los exportadores mediante el uso de IOT para el sector de tubérculos de la Zona Huetar Norte durante el periodo del 2024”. Por lo tanto, se le agradece por su colaboración al realizar el siguiente cuestionario, además, cabe recalcar que todos los datos brindados serán utilizados de manera anónima y profesional, muchas gracias.

1- ¿Cuáles son los componentes principales de la cadena de suministro de tubérculos en la Zona Huetar Norte?

2- ¿Qué tecnologías de IoT se están utilizando actualmente en esta cadena de suministro?

3- ¿Cómo se integran los dispositivos IoT en el monitoreo de la calidad de los tubérculos durante el transporte?

4- ¿Cómo influye la IoT en la planificación de la logística de exportaciones?

5- ¿Qué nivel de adopción de IoT presentan las empresas exportadoras de tubérculos en la región?

6- ¿Cuáles son las principales barreras económicas para implementar IoT en los procesos de exportación de tubérculos?

7- ¿Cuáles son los riesgos de seguridad relacionados con el uso de IoT en la exportación?

8- ¿Qué limitaciones presentan los proveedores de tecnología IoT en la región?

9- ¿Qué dificultades se presentan para capacitar al personal en el uso de IoT?

10- ¿Cómo afecta la resistencia al cambio en las empresas exportadoras la adopción de IoT?

11- ¿Cómo mejora la IoT la trazabilidad en la exportación de tubérculos?

12- ¿De qué manera los dispositivos IoT ayudan a reducir pérdidas en la cadena de suministro?

13- ¿Qué ventajas competitivas aporta la implementación de IoT a las empresas exportadoras de tubérculos?

14- ¿Qué mejoras se observan en la toma de decisiones gracias a la IoT?

15- ¿Qué beneficios tienen los clientes internacionales al trabajar con exportadores que utilizan IoT?