

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
CARRERA COMERCIO INTERNACIONAL**

**ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DEL INTERNET
DE LAS COSAS (IDC) EN LAS EXPORTACIONES
DEL SECTOR AZUCARERO COSTARRICENSE PARA
EL 2020**

AUTORA

Fanny Alfaro Méndez

TUTOR

Lic. Cristian Barrantes Rojas

San José, noviembre 2021

Tabla de contenido

Declaración jurada.....	1
Solicitud de defensa del estudiante	2
Carta de aprobación del tutor.....	3
Agradecimientos.....	4
Dedicatoria.....	5
Resumen ejecutivo	11
CAPÍTULO I: PROBLEMA	12
Planteamiento del Problema	12
Objetivos	13
Objetivo general.....	13
Objetivos específicos	14
Justificación	14
Antecedentes.....	16
Proyecciones	22
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	24
Caña de Azúcar	24
Historia de la caña de azúcar	24
Características fisiológicas de la caña de azúcar.....	25
Raíz.....	25
Tallo.....	25
Componentes de la caña de azúcar.....	26
Producción de caña de azúcar.....	26
Fase de establecimiento.	27
Fase de ahijamiento.	27
Fase de crecimiento rápido.....	28
Fase de maduración.	28
Factores limitantes para la producción de caña de azúcar.	29
Parámetros de calidad de la caña de azúcar.....	31
Principales consumidores y productores de caña de azúcar a nivel mundial.....	31

Producción de caña de azúcar en Costa Rica	32
Zonas productoras de caña de azúcar en Costa Rica.	33
Exportaciones	36
Exportaciones del sector azucarero costarricense	36
Internet de las Cosas (IdC).....	39
Relación entre el internet de las cosas (IdC) y la inteligencia artificial (IA)	43
Internet de las cosas en Costa Rica.....	44
Políticas Públicas.....	46
Educación.....	48
Implementación del internet de las cosas en la agricultura	48
Agricultura de precisión e inteligente.	50
Tecnificación del sector.	52
Iniciativas que existen en Costa Rica para la implementación del Internet de las Cosas (IdC) en el sector azucarero costarricense	53
Barreras para la implementación del Internet de las Cosas (IdC) en la producción del sector azucarero costarricense	63
Financiamiento	63
Falta de capacitación	64
Baja señal de cobertura de internet.....	65
Altos Costes.....	65
Riesgos de seguridad en dispositivos de IdC	66
Efectos de la implementación del Internet de las Cosas (IdC) en las exportaciones del azúcar desde Costa Rica.....	68
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	71
Enfoque	71
Diseño	72
Fuentes	73
Muestra	74
Criterios de inclusión y exclusión	76
Criterios de inclusión.....	76
Criterios de exclusión	76
Unidad de Análisis	77
Implementación del Internet de las Cosas.....	79
Instrumentos utilizados en la Investigación.....	80

Cuestionario.....	80
Entrevista.....	80
Proceso para la Recolección y Análisis de Datos.....	81
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	81
Unidad de Análisis 1: Iniciativas	83
Categoría 1: Desconocimiento.....	84
Descripción:	84
Análisis.....	85
Categoría 2: Acercamiento al pequeño productor.....	86
Descripción:	86
Análisis:.....	87
Categoría 3: Iniciativas de conectividad	87
Descripción:	87
Análisis:.....	88
Categoría 4: Laboratorios de investigación.....	88
Descripción:	88
Análisis:.....	89
Unidad de Análisis 2: Barreras.....	90
Categoría 1: Capacitación	91
Descripción:	91
Análisis:.....	92
Categoría 2: Costos	92
Descripción	92
Análisis:.....	93
Categoría 3: Cobertura de internet.....	93
Descripción	93
Análisis:.....	95
Categoría 4: Financiamiento.....	95
Descripción	95
Análisis.....	96
Categoría 5: Inseguridad.....	96
Descripción	96
Análisis.....	97

Categoría 6: Brechas tecnológicas	98
Descripción	98
Análisis	99
Unidad de Análisis 3: Implementación del internet de las cosas	99
Categoría 1: Herramientas agrícolas	100
Descripción:	100
Análisis	101
Categoría 2: Monitoreo de cultivos	101
Descripción	101
Análisis	102
Categoría 3: Tomar decisiones en tiempo real	102
Descripción	102
Análisis	103
Categoría 4: Aumento en la sostenibilidad	103
Descripción	103
Análisis	104
Categoría 5: Aumento en las exportaciones	104
Descripción	104
Análisis	105
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	106
Conclusiones	106
Recomendaciones	109
CAPITULO VI: PROPUESTA.....	112
Objetivos	113
Objetivo general	113
Objetivos específicos	113
Propuesta	113
Metas.	113
Estrategias.	113
Tipos, modalidades y niveles de capacitación.....	114
Tipos de Capacitación.....	114
Modalidades de Capacitación.	115
Niveles de Capacitación.....	115

Acciones por desarrollar.	116
Temas de capacitación.	116
Recursos.	117
Materiales.	117
Financiamiento.	118
Referencias.	119
Anexos	125

Índice de Figuras

Figura 1: Etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar	27
Figura 2: Principales países productores de caña de azúcar a nivel mundial	32
Figura 3: Cantidad de Ingenios por Provincia	34
Figura 4: Evolución de las exportaciones en los últimos 5 años (en millones USD)	37
Figura 5: Distribución de las exportaciones según principales destinos en 2020	37
Figura 6: Descripción técnica de internet de las cosas	41
Figura 7: Estrategia de Transformación Digital hacia la Costa Rica del Bicentenario 4.0 .	47

Índice de Tablas

Tabla 1: Composición de la Caña de Azúcar	26
Tabla 2: Caracterización de la agroindustria azucarera costarricense. Zafra 2017-2018...	33
Tabla 3: Valor (millones USD) y volúmenes (toneladas) según principales destinos de exportación en 2020	38
Tabla 4: Elementos seleccionados como muestra de la investigación	75
Tabla 5: Unidades de Análisis.	77
Tabla 6: Unidades y Categorías de Análisis	82

Resumen ejecutivo

La investigación sobre el *Estudio de la aplicación del Internet de las Cosas (IdC) en las exportaciones del sector azucarero costarricense para el 2020* se plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo se aplicó el internet de las cosas (IdC) en las exportaciones del sector azucarero costarricense para el 2020? Con el fin de responder a esta interrogante, nace el objetivo general que vela por estudiar la aplicación del Internet de las Cosas (IdC) en las exportaciones del sector azucarero costarricense para el 2020.

De este se derivan tres objetivos específicos, el primero investigar las iniciativas que existen en Costa Rica para la implementación del Internet de las Cosas (IdC) en el sector azucarero. El segundo determinar las principales barreras para la implementación del Internet de las Cosas (IdC) en la producción del sector azucarero costarricense. Y el tercero explicar los posibles efectos de la implementación del Internet de las Cosas (IdC) en las exportaciones del azúcar desde Costa Rica.

En este estudio se utiliza el método cualitativo, por medio de los instrumentos utilizados como las entrevistas con cuestionario, se busca determinar el estudio de la aplicación del Internet de las Cosas (IdC) en las exportaciones del sector azucarero costarricense para el 2020. El diseño es fenomenológico y de investigación-acción, mediante la cual se estudiarán las acciones o impactos que estos promueven.

Como muestra se seleccionaron personas de instituciones privadas que están involucradas, así como funcionarios de instituciones públicas, como: la Promotora de Comercio Exterior y a la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar que velan por el éxito de esta investigación y por las exportaciones del país. Para esta investigación se analizaron tres unidades; la primera unidad

son las iniciativas, la segunda unidad fue Barreras y, por último, la tercera unidad de análisis consiste en la implementación del internet de las cosas.

CAPÍTULO I: PROBLEMA

Planteamiento del Problema

El internet a lo largo de los años se ha convertido en una herramienta sumamente importante para el ser humano, casi indispensable. A finales de los 90s surge el concepto conocido como el Internet de las cosas o Internet of things (IoT). Como menciona Adrián (2018) “El término tiene su origen a finales del siglo pasado, concretamente en 1999, cuando Kevin Ashton, directivo de Procter & Gamble, tuvo la iniciativa de crear una agrupación de investigadores llamada Auto-ID Centereste” (párr. 3), este posee como objetivo favorecer a la tecnología para el desarrollo de la inteligencia artificial, con el propósito de entender las necesidades de los seres humanos. Como explica Gómez (2019):

Internet de las cosas representa entonces una nueva dimensión digital donde gran cantidad de objetos adquieren mayor capacidad de cómputo y toman, en cierta medida, consciencia del entorno mejorando su poder de procesamiento y su independencia energética. Es un mundo donde se empodera a los ordenadores para recopilar datos de las cosas y el ambiente que los rodean gracias a sensores y a la Radio Frequency Identification System (RFID), tecnología automática que permite a las máquinas o computadores identificar y entender el entorno a través de ondas de radio sin ayuda de los seres humanos y esto, en tiempo real. (p. 254)

La agroindustria es una de las principales actividades económicas en Costa Rica, esta incluye la producción, industrialización y comercialización de productos agrícolas. De acuerdo con lo expresado por el Ministerio de Hacienda [MH], (2020) “Los principales sectores de la economía de Costa Rica son la fabricación industrial (de alta tecnología), además de todos los sectores relacionados con el turismo los servicios, y la agricultura, la silvicultura y la pesca.” (párr.3) En el ámbito mundial se ha empezado a implementar el Internet de las Cosas con el propósito de agregar valor a los productos de la industria agropecuaria y la pesca. Como menciona Duran

(2019) el IoT “Facilita la durabilidad y disponibilidad del producto de una época a otra, sobre todo aquellos que son más perecederos.” (p.6)

El IoT tiene infinidad de usos que se pueden utilizar en el sector agrícola, como indica Cordero (2019):

En el agro se utiliza IoT en el monitoreo de suelos, clima, humedad, temperatura y lluvia, entre otros, para generar datos y alertas de enfermedades en los cultivos. Además, permite la gestión de los cultivos, las cosechas y la distribución. También se monitorean y gestionan los procesos de irrigación, tanto en sistemas de riego por goteo como por desnivel o aspersión. (párr. 10)

En Costa Rica se han empezado a dar pasos en la aplicación del internet de las cosas en la agricultura, instituciones como el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y de los ministerios de Agricultura y Ganadería (MAG) y de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT) se han encargado de dirigir iniciativas para apoyar al pequeño productor.

El sector azucarero es uno de los pioneros en aprovechar algunas de las diferentes aplicaciones que posee el internet de las cosas, en sus cultivos. Como menciona, Cordero (2020) un ejemplo de esto es “Azucarera El Viejo se vienen desarrollando aplicaciones de IoT y otras tecnologías, que normalmente no se encuentran en el sector agrícola.” (párr. 20) Estas prácticas son cada vez más frecuentes debido a los requerimientos de calidad y trazabilidad de los cultivos de exportación. Por lo tanto, se genera la siguiente pregunta de investigación ¿Cómo se aplicó el internet de las cosas (IdC) en las exportaciones del sector azucarero costarricense para el 2020?

Objetivos

Objetivo general

Estudiar la aplicación del Internet de las Cosas (IdC) en las exportaciones del sector azucarero costarricense para el 2020.

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.

Explicar los posibles efectos de la implementación del Internet de las Cosas (IdC) en las exportaciones del azúcar desde Costa Rica.

Justificación

Una de las principales preocupaciones de las Naciones Unidas (ONU) en las últimas décadas, es conseguir la suficiente producción de alimentos para satisfacer a la población mundial. Estudios de dicha institución mencionan que para el 2050 se necesitará producir un 70% más de alimentos de los que se producen hoy. En la agenda para el Desarrollo Sostenible, explica como uno de sus objetivos es erradicar la desnutrición. Como menciona la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2020):

América Latina y el Caribe aporta el 14% de la producción mundial de alimentos y el 45% del comercio internacional neto de productos agroalimentarios, y sus sistemas agroalimentarios suponen hasta la mitad del empleo total, así como entre el 30 y el 40% del producto interior bruto económico. Su nueva misión regional es impulsar la transformación necesaria de los sistemas agroalimentarios para alimentar a 10.000 millones de personas en 2050. (párr. 5)

Para lograr esta meta, se desea utilizar la tecnología como principal aliado, ya que el uso del Internet de las cosas en la agricultura de precisión facilita el acceso en tiempo real a información detallada sobre cultivos, suelo y cambio climático, así facilita el proceso de siembra a través del monitoreo, almacenamiento de datos y evaluación automática, y otros recursos. Según explica González (2018) “El internet de las cosas permite obtener información en tiempo real de los

dispositivos conectados, y esto puede ser fundamental para todas las industrias, empezando por la agroindustria, la salud o el transporte.” (párr. 1)

Esta es una tecnología que se puede aplicar a cualquier campo. La buena noticia es que la implementación de estos procesos mejorará la calidad de vida de las personas y la productividad de las empresas, por lo que su impacto en el crecimiento de la economía mundial se pronostica que será sumamente positivo. De igual forma, esto repercutirá en una reducción en sus costos de producción, como en la calidad de sus productos. Como menciona Cascallana (2018):

Gracias a la automatización de procesos, los agricultores podrán dedicar más tiempo al estudio de sus cultivos y reducir el que pasan sobre el terreno. Y mediante la recolección y el análisis de datos, podrán optimizar recursos como el agua de riego, fertilizantes o pesticidas. Todo esto se traduce en una importante reducción de costes y en una mejora de la calidad del producto. (p.20)

Todo parece indicar que, en las próximas décadas, el internet de las cosas se desarrollará de manera constante en la agricultura (una de las áreas clave de la economía global). No cabe duda de que saber combinar la innovación tecnológica con la tradición es fundamental para sacar más beneficios para la economía. Costa Rica es un país que se encuentra en desarrollo, por lo tanto, la incursión de este tipo de tecnologías repercutiría en sus exportaciones de forma positiva.

Algunas empresas del sector azucarero han empezado a innovar sus procesos productivos con estas tecnologías innovadoras, lo que proporciona un valor agregado a sus productos. Como menciona Cordero (2019) “En el ingenio El Viejo, en Carrillo de Guanacaste, se diseñan, prueban y utilizan aplicaciones del Internet de las cosas en los cultivos, especialmente para monitorear el riego” (párr.1)

Por lo mencionado anteriormente, este estudio desea ayudar al sector azucarero a conocer los efectos producidos por la implementación del internet de las cosas y como este afecta sus exportaciones, con el propósito de ayudar a los productores costarricenses a crecer y mejorar su

economía. Mejorando sus procesos de cultivo y producción de forma que estos sean más rápidos y eficientes, asimismo, logren establecer mejores relaciones con sus compradores.

Antecedentes

En la tesis titulada *Análisis de la implementación del internet de las cosas en la agroindustria colombiana para optimizar y aumentar los procesos de producción*, del autor Edwin Orlando Durán Cantillo, en el año 2019, para la universidad Cooperativa de Colombia se establece como objetivo general “Analizar la implementación del internet de las cosas en la agroindustria colombiana para optimizar y aumentar procesos de producción.” (p.2)

En el cual tiene una línea de estudio cualitativa por lo que se generan las conclusiones más importantes. En el desarrollo de esta investigación se puede identificar que en la agroindustria colombiana hay muchísimos factores que dan un riesgo a la producción de alimentos, se puede estimar que se presenta hasta un 45% en pérdida de obtención de productos finales, esto se debe a los mecanismos o técnicas utilizadas.

Se puede concluir que, para optimizar estos procesos, aumentar tasas de producción, mejorar calidad de productos finales se puede implementar el internet de las cosas conectando múltiples dispositivos comunes como lo son: sensores de riegos, sensores infrarrojos, sensores de alerta temprana para inundaciones o peligros, entre muchos más. Por lo tanto, el documento hizo referencia en respuesta a su pregunta de investigación.

Seguidamente, en la tesis titulada: *Internet de las cosas: Futuro y desafío para la epidemiología y la salud pública*, del autor Rodolfo Rodríguez Gómez, en el año 2019, para la Universidad de Nariño, se establece como objetivo general “Reflexionar sobre las posibilidades para la epidemiología y la salud pública ante el escenario de Internet de las cosas.” (p.2) En el cual tiene una línea de estudio cualitativa por lo que se generan las conclusiones más importantes. El nuevo escenario que se vislumbra con Internet de las cosas recalca que el mundo avanza a mayor velocidad de lo que se cree.

Hoy, las dinámicas son mucho más intensas y complejas, de hecho, en la historia de la humanidad, nunca el presente y el futuro habían estado tan cerca uno del otro, casi que sobrepuestos en la línea del tiempo. Por ello, especialmente en salud, la tarea al imaginar el futuro es hablar del presente y, antes que nada, entender la nueva dimensión digital que ya es una realidad. Por lo tanto, el documento hizo referencia en respuesta a su pregunta de investigación.

Por otra parte, en la tesis titulada: *Internet de las cosas*, del autor Ariel Pisano, en el año 2018, para la Universidad de San Andrés se establece como objetivo general: “Investigar el estado del arte, analizando el desarrollo actual de la industria en países líderes en esta tecnología (Estados Unidos, Alemania, UK, Francia, Estonia, China) Así como también casos de implementación y éxito en la Argentina.” (p. 6) En el cual tiene una línea de estudio cualitativa por lo que se generan las conclusiones más importantes.

Luego de una revisión detallada sobre el estado actual del IoT, su implementación en el mundo, estimaciones realizadas por consultoras e informes de distintos organismos y empresas (entre ellos CISCO, HP, McKinsey, Bain, OCDE, Comisión Europea, Gartner, entre otras.) existe una coincidencia en el sentido que se está frente a una tecnología en crecimiento que actualmente genera y seguirá generando enormes beneficios tanto a las empresas como a la sociedad por lo que seguirá siendo protagonista de cambios en la humanidad.

En la tesis titulada: *Implementación de un sistema de almacenamiento de la información, monitoreo y control aplicando el internet de las cosas, para la automatización de un invernadero*, de los autores Nelson Joaquín Melo Paredes y Walter Abdón Valverde Macao, en el año 2017, para la Universidad de Chimborazo, se establece como objetivo general “Realizar la implementación de un sistema de almacenamiento de la información, monitoreo y control aplicando el internet de las cosas para la automatización de un invernadero.” (p.3)

En el cual tiene una línea de estudio cualitativa por lo que se generan las conclusiones más importantes. Primero, el estudio previo a las diferentes técnicas de cultivo en semillero ha

permitido seleccionar la forma más adecuada para implementar un cultivo de este tipo. Es de gran importancia conocer los rangos adecuados de las variables como la de temperatura, humedad relativa, sensor magnético (reed switch) para tener un adecuado rendimiento del sistema. Segundo, el prototipo cubre los requerimientos necesarios para el crecimiento del semillero, almacena, controla y monitorea las variables ambientales dentro del invernadero.

También se concluye que mediante el uso de la plataforma Arduino se pueden implementar distintos tipos de algoritmos para controlar procesos tales como ON – OFF, así como también implementar sistemas de comunicaciones inalámbricas, para esto es importante manipular los registros y librerías brindadas por la plataforma Arduino.

Además, en la tesis titulada: *Implementación de una estación prototipo con visión artificial, aplicado a la agricultura de precisión*, del autor Esteban Villota Neira, en el año 2019, para la Universidad de Cuenca, se establece como objetivo general: “Diseñar y desarrollar una estación prototipo que use visión artificial enfocada a la agricultura de precisión.” (p.4) En el cual tiene una línea de estudio cualitativa por lo que se generan conclusiones validas. El trabajo realizado es un importante acercamiento entre la agricultura de precisión y el internet de las cosas, necesario para incrementar la tecnificación del campo.

Conocer las variables ambientales de una parcela agrícola permite tomar acciones para optimizar recursos y aumentar la producción, y las fotografías de los frutos permiten estimar la fecha y magnitud de la cosecha, e incluso en trabajos futuros la información extraída podría ser usada para detectar enfermedades en la planta o problemas en la parcela. La estación diseñada es conveniente para nuestro medio en el cual el principal impedimento para esta tecnificación es el factor económico.

Asimismo, en la tesis titulada: *Diseño e implementación de un curso de creación de servicios comerciales en el internet de las cosas*, el autor Diego Mauricio González Betancourt, en el año 2018, para la Universidad de Chile establece como objetivo general el diseño y la implementación de un curso de Emprendimiento en el IoT, donde se relacionen los temas técnicos relevantes para un rápido prototipado con metodologías de innovación para la creación

de un servicio o producto comercial. Con el objetivo de materializar y consolidar el conocimiento teórico aprendido por el alumno, se diseñan tres trabajos experimentales, de los cuales dos son relativos al manejo de la tecnología y el otro relativo a la innovación, el modelo de negocio y la creación de un producto.

En el que tiene una línea de estudio cualitativa por lo que se generan las conclusiones más importantes La conclusión entregada por el autor Sacha Issa de la empresa Terramar Chile fue contundente:

El producto debería ser una implementación sobre un proceso productivo, es decir, si se está en constante monitoreo del oxígeno, el producto no es monitorear o alarmar si existe una falta de oxígeno, el producto sería una implementación exclusiva que le indique al salmonero la cantidad de oxígeno que necesita para optimizar su producción. (p.81)

Como corolario de esta conclusión es que los desarrolladores que se han involucrado en IoT en esta época conocen perfectamente lo que están haciendo, sin embargo, no se sabe para qué se está haciendo. Otra conclusión importante basada sobre productos de base electrónica es que un emprendimiento nuevo no cuenta con la estructura de soporte técnico que le entregue un nivel de “tranquilidad” al cliente, por lo tanto, la sugerencia será disminuir al máximo la cantidad de hardware a la que se deba dar soporte. Por lo tanto, el documento hace referencia en respuesta a su pregunta de investigación.

En la tesis titulada: *Diseño, desarrollo e implementación de una red de sensores inalámbricos (WSN) para el control, monitoreo y toma de decisiones aplicado en la agricultura de precisión basado en internet de las cosas (IoT)* – caso de estudio cultivo de frijol, de los autores Hansell Valmir Mora Magallanes y José Luis Rosas Pari, en el año 2019, para la Universidad Ricardo Palma se establece como objetivo general: “Establecer el monitoreo, control y toma de decisiones en la agricultura de precisión.” (p. 4)

En el cual tiene una línea de estudio cualitativa por lo que se generan las conclusiones más importantes. Se diseñó, desarrolló e implementó un dispositivo electrónico con la capacidad de conectarse a internet. El uso del MCU ESP8266 en su módulo ESP12E promovió el uso de nuevas tecnologías en el IoT. El dispositivo electrónico se conectó a internet y usó sensores de

temperatura ambiente, humedad de suelo, humedad de ambiente, presencia de lluvia y cantidad de “smoke” generando una red de sensores inalámbrica basado en internet de las cosas.

Seguidamente, se concluye que los sensores evaluaron los cinco factores ambientales que proporcionaron información que fue enviado por internet y fue almacenado en una base de datos en la nube. Esta información fue vital para la mejora en la toma de decisiones frente al cultivo del frijol. Las informaciones de las variables ambientales pudieron ser visualizadas en tiempo real mediante una interfaz gráfica sencilla. La interfaz fue fácilmente entendida por el usuario.

En la tesis titulada: *Prototipo de una ruta tecnológica para el IoT, enfocada en las tecnologías de riego, para los agricultores de pequeña escala en Colombia*, del autor Daniel Fabian Aceros Orduz, en el año 2020, para la Universidad Autónoma de Bucaramanga, se establece como objetivo general: “Diseñar un prototipo de una ruta tecnológica para el IoT, enfocada en las tecnologías de riego, que permita el direccionamiento para el desarrollo tecnológico dirigido a los agricultores de pequeña escala en Colombia.” (p. 5)

La cual se enfoca en estudio cualitativo del cual generan las conclusiones más importantes. El Internet de las cosas ha evolucionado y posicionado como una tecnología que resuelve diferentes necesidades en el sector agrícola, debido al avance industrial. Esta tecnología es importante en las nuevas tecnologías y sus aplicaciones en la agricultura. La implementación de nuevas tecnologías en el campo agrícola impacta socialmente y esto se refleja en el cambio cultural de la población rural, ya que en países como el nuestro es notable el abandono o el desinterés de población joven ante estos temas, por lo cual la agricultura está en proceso de envejecimiento.

Por lo tanto, la tecnificación o transformación digital de la agricultura y el campo es necesaria, cambiar este paradigma es importante, que hace más atractivo el interés de las presentes y futuras generaciones, lo que impactaría no solo en la producción del campo, sino a aquella población que no se encuentra en el sector agrícola por varios motivos. Se descubre en este proyecto de grado que la implementación y aplicación en el sector agropecuario es realmente conveniente para facilitar tareas pesadas que puedan tomar tiempo y un esfuerzo humano que puede ser difícil. Lo importante de esto es analizar de forma estratégica y

tecnificada cuáles tecnologías de internet de las cosas IoT son las más adecuadas para un impacto digital positivo, sin temor a tener un resultado negativo.

En la tesis titulada: *Modelo integrado para la toma de decisiones en procesos naturales por medio de Internet de las Cosas*, del autor Arys Indira Carrasquilla Batista, en el año 2019, para la Universidad de Costa Rica y Tecnológico de Costa Rica se establece como objetivo general “Diseñar un modelo de estimación y toma de decisiones en procesos naturales mediante la medición y multiprocesamiento de variables ambientales por medio de Internet de las Cosas (IdC).” (p. 3)

El cual se ubica en una línea de estudio cualitativo por lo que se generan las conclusiones más importantes. El desarrollo de la presente tesis permitió alcanzar el objetivo de diseñar un modelo de estimación y toma de decisiones en procesos naturales mediante la medición y multiprocesamiento de variables ambientales por medio del internet de cosas. Es importante destacar que además del diseño se logró implementar y probar cada una de las partes involucradas en el cumplimiento del objetivo inicial propuesto.

En el estudio titulado: *“Agricultura 4.0. ¿Cómo sacar adelante un cultivo desde el teléfono celular?”*, del autor el profesor Carlos Huertas, en el año 2020, para la universidad de Costa Rica se establece como objetivo utilizar todos los conocimientos adquiridos durante la carrera para concretar de manera exitosa un proyecto agrícola en diferentes sistemas de producción. Este año, debido a la pandemia del COVID-19, los docentes de la Escuela de Agronomía decidieron invertir recursos, tiempo y mucho trabajo para hacer de este curso una experiencia totalmente diferente, y dar un salto hacia el futuro, con la Agricultura 4.0.

La cual se enfoca en una línea de estudio cualitativo, por lo que se generan las conclusiones más importantes: Se está entrando en una revolución 4.0 que se caracteriza porque todo tiene sensores que nos envían información. En agricultura se genera cualquier cantidad de datos. Las

plantas, el clima, el suelo e inclusive las plagas. Nos envían información que como agrónomos se necesita interpretar.

En el proyecto titulado “*Estrategia de Transformación Digital hacia la Costa Rica del Bicentenario 4.0*”, realizado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Comunicaciones (MICITT), en el año 2018, se establece como objetivo: Esta estrategia está concebida para que Costa Rica construya, y a su vez, se beneficie con dos grandes desarrollos que transforman los procesos productivos y la calidad de vida de las personas: la cuarta revolución industrial y las sociedades del conocimiento.

Por lo que se generan conclusiones importantes: A fin de promover el crecimiento con inclusión, se busca que las instituciones públicas presten servicios digitales que sean accesibles y asequibles para toda la población. Del mismo modo, los servicios deben ser integrados, asumiendo que las diferentes organizaciones de gobierno colaborarán entre sí e intercambien información, que ellas mismas, ya poseen y eviten trabas a los ciudadanos y empresas, al momento de iniciar un trámite nuevo.

En la tesis titulada: “*Evaluación del impacto del cambio climático en la producción de caña de azúcar el caso del Ingenio Atirro en Turrialba, Costa Rica*”, del autor José Roberto Lutz Porras, en el año 2017, para la Universidad de Costa Rica se establece como objetivo general Evaluar el impacto del cambio climático en la producción de la caña de azúcar en Turrialba, Cartago. En el cual tiene una línea de estudio cualitativa por lo que se generan las conclusiones más importantes El cambio climático es un determinante de la seguridad alimentaria y nutricional de los pueblos, donde incide directamente en la producción de alimentos, la calidad del agua y el comercio de alimentos, lo que provoca vulnerabilidad a la niñez, las mujeres y las personas en estado de pobreza. Por lo tanto, el documento hizo referencia en respuesta a su pregunta de investigación.

Proyecciones

Según menciona Suarez (2015) “La industria azucarera que está pasando por un proceso de reinención, a través de fenómenos como la expansión y el uso de nuevas líneas de negocio y otros fenómenos.” (párr. 2) Por lo cual, los participantes de este mercado deben ser enérgicos y reinventarse si quieren seguir creciendo, también deben mostrar un mayor valor agregado a sus productos. Según lo expuesto, se investigarán las iniciativas que existen en Costa Rica para la implementación del Internet de las Cosas (IdC) en el sector azucarero, con el propósito de tener un panorama más amplio de las opciones y posibilidades que posee el sector para reinventarse.

Seguidamente, determinarán las principales barreras para la implementación del Internet de las Cosas (IdC) en la producción del sector azucarero costarricense. Por tanto, se espera que la agricultura inteligente se convierta pronto en una realidad extendida para afrontar con éxito el reto de obtener niveles de producción suficientes, con un impacto mínimo en el medio ambiente, y asegurar alimentos para la sociedad del futuro. Sin embargo, a pesar de su utilidad y popularidad, todavía tiene algunos obstáculos importantes que superar antes, que su uso se generalice y se acepte en una industria resistente al cambio.

Se procederá a explicar los efectos de la implementación del Internet de las Cosas (IdC), en las exportaciones de azúcar, desde Costa Rica y la utilización de estas herramientas en sus cultivos, con el propósito de optimizar sus procesos y mitigar los atrasos en los procesos logísticos de exportación; que proporcione mejor relación con sus compradores y una mayor rentabilidad en sus ventas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Caña de Azúcar

La caña de azúcar (*Saccharum spp.*) es una planta muy conocida en el ámbito mundial por la cantidad de productos que con base en esta se pueden realizar. Aguilar (2015) menciona que la caña de azúcar “es una de las especies de plantas terrestres más eficientes, con alta producción de hojas y de tallos (caña integral) que en su madurez tiene la mitad de su biomasa en forma de fibra y azúcares.” (p.3). La parte más importante de esta planta es su tallo, debido a que “el fruto agrícola de esta planta o agroindustrialmente útil para múltiples producciones es el tallo, en el cual se acumula sacarosa en el período de maduración, y que tiene una gran importancia para la producción de azúcares y fibras.” (Aguilar, 2015, p.3)

La caña de azúcar está presente en muchas formas en la dieta alimentaria de las personas, esta se ha vuelto un componente que no puede faltar en la vida. Agrotendencia (2020) menciona que la planta en cuestión posee:

Una sobresaliente capacidad de adaptación, y elevado potencial de producción y conversión de energía solar. Con sus casi 70 toneladas por hectárea, se ubica en el primer lugar mundial, tanto por su productividad como por su volumen producido y constituye un alimento de consumo diario en gran variedad de bebidas y alimentos en todo el mundo con aportes calóricos y energéticos importantes para los consumidores. (párr.2)

Historia de la caña de azúcar

Este es uno de los cultivos más antiguos que existen en el mundo. Agrotendencia (2020) menciona que esta planta es “originaria de Nueva Guinea. Se estima que es sembrada desde el año 3000 A.C. los antiguos navegantes la introdujeron en la india y desde allí se extendió hacia el Oriente y Europa.” (párr.5). Así mismo, se conoce que la actualidad “existen seis especies: *S. spontaneun*, *S. robustum*, *S. barberi*, *S. sinensi*, *S. edule* y *S. officinarum*” (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2017, párr.2)

Características fisiológicas de la caña de azúcar

La caña de azúcar está compuesta por distintas partes, Agrotendencia (2020) explica acerca de dicha planta que “por encima del suelo están conformadas por una serie de nudos separados por entrenudos en los que se desarrollan las yemas y las hojas.” (párr.18) Debido a lo mencionado se considera importante conocer detalladamente acerca de la raíz y el tallo, ya que estas son las partes principales del cultivo.

Raíz.

La planta posee dos tipos de raíces, la que se encuentra en la estaca original estas suelen ser muy delgadas y ramificadas con un corto periodo de vida; “las raíces permanentes procedentes de los nuevos brotes. Su longitud, cantidad y tiempo de vida dependen de la variedad y de los factores ambientales, pero generalmente se extiende hasta los 25 a 30 cm de profundidad.” (Agrotendencia, 2020, párr. 20)

Tallo.

Como se menciona anteriormente, el tallo es el órgano más importante de la caña de azúcar debido a que es donde la planta guarda la sacarosa. Agrotendencia (2020) indica que la planta está conformada por dos tallos, uno se encuentra “subterráneo denominado rizoma, otro aéreo desarrollado a partir de las yemas de otro tallo mediante la propagación asexual o vegetativa. La caña puede alcanzar entre 3 y 6 m de altura y entre 2 y 5 cm de diámetro.” (párr. 22) Duarte y Gonzalez (2019) mencionan lo siguiente sobre el tallo:

Los tallos son cilíndricos, erectos, fibrosos y compuestos de nudos y entrenudos, la altura varía desde 1,0 hasta 5,0 m, y el diámetro varía de 1,0 cm a 5,0 cm. La hoja de la caña de azúcar, después de desarrollada, consiste en una lámina y vaina que rodea al tallo, distribuyéndose en forma alternada y opuesta. (p.17)

Componentes de la caña de azúcar

El componente químico de la caña de azúcar es de gran importancia para su producción, ya que el resultado de este es lo que proporciona un balance entre sus “contenidos, variando los mismos entre lotes, localidades, regiones, condiciones del clima, edad de la caña, estado de madurez de la plantación, grado de despunte del tallo, periodos de tiempo evaluados, características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo, grado de humedad.” (Chaves, 2017, p.3). Los componentes en mención (Cultivo de la caña de azúcar) se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 1
Composición de la Caña de Azúcar

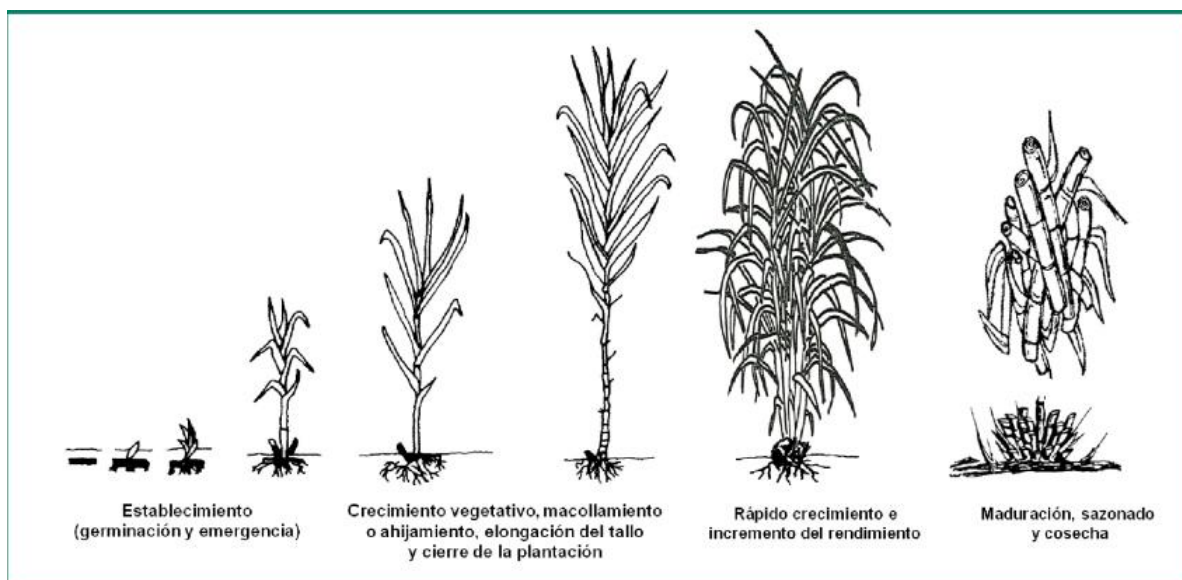
Componente	Porcentaje
Agua	73 - 76 %
Sacarosa	8 - 15 %
Fibra	11 - 16 %

Nota: (Agrotendencia, 2020, párr. 5)

Producción de caña de azúcar

La producción de la caña de azúcar es un proceso que se divide en cuatro fases. Aguilar (2015) menciona que dichas etapas son las siguientes: “a) fase de establecimiento, b) fase de ahijamiento, formativa o reposo fisiológico, c) fase de crecimiento rápido, y d) fase de maduración y cosecha.” (p. 3) Lo mencionado se puede observar de mejor en la siguiente figura:

Figura 1
Etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar



Nota: (Aguilar, 2015, p.6)

Fase de establecimiento.

Este es el proceso de iniciación del crecimiento de la planta, la fase se puede ver influenciada por factores externos: como la humedad, la temperatura y aireación del suelo. Aguilar (2015) explica que:

La germinación se refiere a la iniciación del crecimiento a partir de las yemas presentes en los tallos plantados o en los que quedan en pie después de la cosecha del cultivo anterior. Durante esta fase es necesaria la disponibilidad adecuada de agua y el control de malezas. La germinación de las yemas es influenciada por factores externos e internos. Los factores externos son la humedad, la temperatura y la aireación del suelo. Los factores internos son la sanidad de la yema, la humedad del esqueje, el contenido de azúcar reductor del esqueje y su estado nutricional. (p.7)

Fase de ahijamiento.

En esta fase empieza a surgir la ramificación del tallo principal. Esta etapa se conoce como fase de ahijamiento, debido a que esta le brinda un número necesario de hojas que le permiten a la planta tener un buen rendimiento en su cosecha. Asimismo, Agrotendencia (2020) indica que esta etapa es delicada debido a que se ha descubierto que ciertos factores como “la variedad, la luz, la temperatura, el riego y prácticas de fertilización afectan el ahijamiento. De igual forma aspectos relacionados con el espaciamiento, fertilización y disponibilidad de agua puede afectar el proceso de ahijamiento” (párr. 28)

Fase de crecimiento rápido.

Seguidamente, la planta empieza a aumentar su masa y su número de tallos de forma rápida, según, Agrotendencia (2020) “en esta etapa es fundamental disponer de una humedad óptima para el buen desarrollo del sistema radical que permita la absorción de los nutrientes.” (párr. 29) En esta parte del proceso es importante tomar en cuenta que “cualquier déficit de agua comenzaría el proceso de maduración y detendría la acumulación de sacarosa antes de su etapa óptima.” (Aguilar, 2015, p.8)

Fase de maduración.

Por último, la planta pausa su crecimiento y empieza a acumular en su tallo la energía en forma de sacarosa. Aguilar (2015) menciona que en esta fase se inicia:

Alrededor de dos a tres meses antes de la cosecha para cultivos con ciclo de 12 meses, y de los 12 a los 16 meses de edad para los que completan el ciclo en 18 a 24 meses. En esta fase se requiere un bajo contenido de humedad del suelo, por lo que el riego debe ser reducido y luego detenerse para llevar la caña a la madurez; así se detiene el crecimiento y se propicia la acumulación de carbohidratos y la conversión de azúcares reductores (glucosa y fructosa) a sacarosa (Pereira, 2006). La maduración de la caña ocurre desde la base hacia el ápice y por esta razón la parte basal contiene más azúcares que la parte superior de la planta. (p. 8)

Luego de la última fase de maduración se debe determinar el tiempo correcto para la cosecha, para lo cual se debe dar seguimiento adecuado a los síntomas internos y externos de la planta. La cosecha se realiza por medio de un “corte en el tallo, seguidamente, la paja se elimina

manualmente o es quemada previamente la cosecha; esta ocurre antes de la floración debido a que la antesis conduce a la reducción en el contenido de azúcar en los tallos.” (Aguilar, 2015, p. 9)

Factores limitantes para la producción de caña de azúcar.

La caña de azúcar es una planta que presenta una reconocida capacidad de adaptación cuando se somete a condiciones poco favorables de clima, manejo y suelo. Es decir, “se sustenta en ventajas como su adaptación a un amplio ámbito de condiciones agroecológicas, baja sensibilidad a pobres condiciones de fertilidad del suelo y a regímenes cálido-húmedos prolongados.” (Aguilar, 2015, p.9)

Clima.

La caña de azúcar debe ser cultivada principalmente en lugares que posean clima cálido. Duarte y González (2019) mencionan que esta planta solo se puede cultivar entre los trópicos y “una pequeña región subtropical adyacente, que comprende los paralelos 40° N y 32° S. Los principales componentes climáticos que controlan el crecimiento, el rendimiento y la calidad de la caña son la temperatura, la luz y la humedad disponible.” (p.18)

Temperatura.

La temperatura es la principal limitante climática para el cultivo de la caña de azúcar, ya que tal como explica Aguilar (2015) “el crecimiento está directamente correlacionado con la temperatura. La temperatura óptima para la brotación (germinación) de los esquejes es de 32°C a 38°C.” (p. 11) Solo con la temperatura adecuada se pueden llevar a cabo de forma correcta las cuatro fases de producción de la caña de azúcar.

Precipitaciones.

Respecto de las precipitaciones, Duarte y González (2019) mencionan lo siguiente:

La caña de azúcar necesita un promedio de precipitación de 1.200 a 1.500 mm por año, aunque su requerimiento de agua varía durante su ciclo vegetativo.

El desarrollo de las raíces sólo ocurre si existe suficiente cantidad de agua y las raíces jóvenes llegan a morir en suelos secos.

Durante su principal período de crecimiento, cuando la mayor parte de la biomasa es producida, la caña planta necesita una gran cantidad de agua y cualquier deficiencia en agua ocasiona la disminución en el rendimiento.

Durante el período de maduración, por otro lado, el requerimiento de agua es más reducido, debido a que la sacarosa se almacena sólo cuando la caña detiene su crecimiento. (p. 19)

Luz solar.

Al ser una planta de climas calientes, la caña de azúcar requiere de abundante cantidad de luz solar, según Duarte y González (2019):

La caña de azúcar es una planta que se favorece con la presencia del sol. El macollamiento es influenciado por la intensidad y la duración de la radiación solar. Una alta intensidad y larga duración de la irradiación estimulan el macollamiento, mientras que condiciones de clima nublado y días cortos lo afectan negativamente. El crecimiento del tallo aumenta cuando la luz diurna se extiende entre 10 a 14 horas. (p.19)

Suelos.

Para que la planta presente un buen desempeño en su cosecha es importante la aireación de los suelos. Aguilar (2015) menciona que “por esta razón, los suelos abiertos, bien estructurados y porosos permiten una mejor germinación. Bajo condiciones de campo, una germinación en torno del 60% puede ser considerada segura para un cultivo satisfactorio de caña” (p.7) Las propiedades adecuadas de los suelos para el cultivo de la caña de azúcar, según Duarte y González (2019) son:

Textura: suelo con proporciones adecuadas de los tres componentes, es decir un suelo franco-areno-arcilloso.

Estructura: granular que facilite su laboreo y capacidad para almacenar agua y un adecuado grado de infiltración.

Composición mineral: una suficiente cantidad de los cuatro nutrientes minerales calcio (Ca), nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K); además de materia orgánica, como partículas de humus.

Acidez o alcalinidad: la caña de azúcar tolera valores de pH entre los 5.5 a 8. Las condiciones ideales de suelo para el cultivo de la caña de azúcar son suelos profundos, alcanzando 80 a 90 cm y buen drenaje natural. (p.19)

Parámetros de calidad de la caña de azúcar.

Existen distintos métodos para determinar la madurez y la calidad de la caña, estos son importantes porque muchos países se basan en estos métodos para dictaminar sus parámetros de calidad, los cuales se deben cumplir para que el producto pueda exportarse e ingresar a su país de destino. Según Yara Costa Rica SRL (2021):

Se miden dos cualidades de la caña de azúcar para determinar su calidad, son los niveles Brix y Pol. Brix es el contenido de sólidos solubles de la primera fase de procesamiento del jugo en el ingenio, acertado con un refractómetro. Pol (medición de la polarización) es el contenido de sacarosa en el jugo. Algunas regiones también usan porcentaje de sacarosa como alternativa al porcentaje de Pol. Azúcar contiene aproximadamente 98 por 100 de sacarosa o 98 grados Pol. Se determina aplicando un polarímetro o un sucrolyser. (párr. 1)

Principales consumidores y productores de caña de azúcar a nivel mundial.

Debido a la versatilidad de la caña de azúcar y por sus componentes y nutrientes que le aporta los alimentos, es muy popular alrededor del mundo. Según, se indica en Agrotendencias (2020):

El cultivo de la caña de azúcar está considerado entre los más importantes a nivel mundial, por su importancia en la alimentación humana que le ha mantenido como prioridad en su producción, la cual se circunscribe a la región intertropical. Para el año 2017, la producción mundial de caña de azúcar alcanzó 1.841.528.386,00 de toneladas; los primeros 10 productores abarcaron el 83,5% de la producción mundial de este importante rubro, donde su cultivo es una tradición.

En el puesto número 1, se encuentra Brasil que colocó en el mercado mundial cerca de 759 mil millones de toneladas, lo que representó el 41,2% de la producción mundial, es el rey en producción de caña de azúcar. Seguidamente en orden de importancia se encuentran como productores importantes India (16,6%), China (5,7%), Tailandia (5,6%), Pakistán (4,0%), México (3,4%), Australia (2,0%), Colombia (1,9%), Guatemala (1,8%) y EE. UU. (1,6%). (párr. 12-13)

A continuación, en la figura 2 se puede observar un gráfico la cantidad de producción por toneladas de los principales países productores de caña de azúcar en el ámbito mundial del año 2017. Esto demuestra competitividad que existe alrededor del mundo en el sector azucarero.

Figura 2.
Principales países productores de caña de azúcar a nivel mundial



Nota: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2018)

Producción de caña de azúcar en Costa Rica

La producción de caña de azúcar es una actividad muy antigua en el sector costarricense, como menciona Chaves (2017) “los antecedentes de la actividad cañero-azucarera en Costa Rica trascienden los tiempos y se remontan a la conquista y colonización de nuestro territorio, motivo por el cual, su participación se vincula no apenas a la agricultura y la economía” (p.1) sino, que también se vincula con todas las áreas de desarrollo del país; por esta razón posee tanta relevancia en la vida e historia costarricense. Asimismo, Chaves (2017) también menciona respecto de su trayectoria en la historia costarricense:

En ese largo transitar y periplo por más de 500 años continuos por la historia nacional, han acontecido en el desarrollo de la agroindustria hechos que van directamente vinculados con la evolución y formación republicana del país. La aparición de las

primeras plantaciones de caña de azúcar, la contratación por vez primera de mano de obra, el surgimiento de la hacienda como estructura productiva, el empleo del trapiche de madera, el desarrollo y consolidación de la actividad dulcera, la importación y empleo de los trapiches con mazas de hierro, el empleo de fuerza hidráulica y eléctrica en sustitución de la animal para operar trapiches, las primeras exportaciones (1689) de raspado o dulce granulado a Nicaragua y Panamá por los puertos de Nicoya y Caldera.

La diferenciación de las primeras variedades de caña, el manejo incipiente del cultivo, la creación de la Fábrica Nacional de Licores (FANAL) en 1851, la importación, establecimiento y operación de los primeros Ingenios, el perfeccionamiento de la cristalización del azúcar, el inicio de la organización y el desarrollo institucional (Junta de Protección a la Agricultura de la Caña, Ley N° 359 de agosto de 1940). Las mejoras incorporadas en los procesos de fabricación y calidad de los productos finales también forman parte de lo actuado, así como la dinámica expansión territorial del cultivo.

La apertura de mercados e incremento de las exportaciones, la creación de la Cámara de Azucareros (noviembre 1949) y las primeras Cámaras de Productores de Caña (Pacífico y Atlántico en agosto y septiembre de 1956), la aparición y consolidación de LAICA (noviembre 1965) como institución líder, la creación de la Federación de Cámaras de Productores de Caña de Azúcar (FEDECAÑA) en octubre de 1971, la construcción e inauguración del moderno puerto de embarque y desembarque en Punta Morales (noviembre 1975), fueron solo algunas de las acciones que a través de la historia han dado cuerpo, estructura y contenido a la agroindustria azucarera costarricense. (p.1)

Zonas productoras de caña de azúcar en Costa Rica.

La industria productora de caña de azúcar se encuentra distribuida por la mayor parte del territorio nacional, como se puede observar en el siguiente cuadro, de acuerdo con lo expresado por Chaves *et al* (2019) “la planta de caña cultivada en seis provincias, seis regiones productoras, 25 cantones y se estima en cerca de 98 distritos; lo cual no considera otros destinos que utilizan caña como materia prima para sus fines” (p.6) como para la producción de dulce o panela, y la utilización alternativa no azucarera.

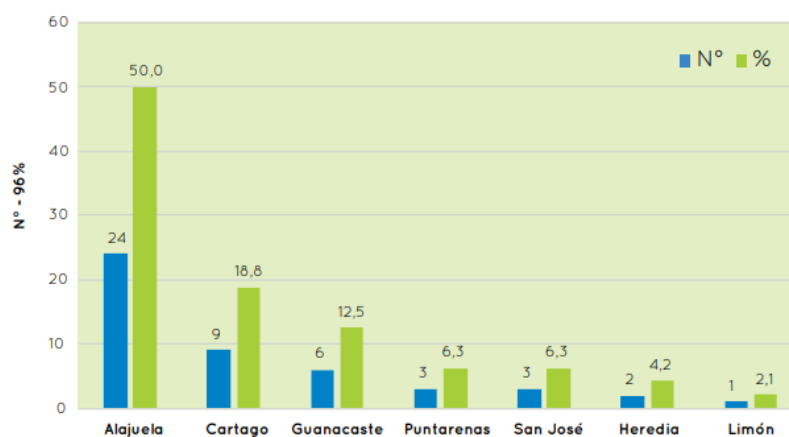
Tabla 2
Caracterización de la agroindustria azucarera costarricense. Zafra 2017-2018.

Región	Área cosechada		Caña Molida		Azúcar Fabricada		Rendimiento Industrial	Productividad (tm/ha)		Relación * Caña/ Azúcar
	ha	%	T.M.	%	TM	%	Kg/tmc	Caña	Azúcar	
Guanacaste	30.246	54,9	2.212.477	54,6	238.212	55,3	107,67	73,15	7,88	9,3
Pacífico Central	5.433	9,9	403.974	10,0	38.493	8,9	95,28	74,36	7,09	10,5
Zona Norte	8.362	15,2	501.160	12,4	51.526	11,9	102,81	60,00	6,16	9,7
Valle Central	3.753	6,8	382.742	9,4	39.699	9,2	103,72	101,98	10,58	9,6
Zona Sur	4.320	7,8	310.428	7,7	37.326	8,7	120,24	71,86	8,64	8,3
Turrialba	2.957	5,4	243.360	6,0	25.854	6,0	106,24	82,30	8,74	9,4
Total	55.071	100	4.054.141	100	431.109	100	106,34	73,62	7,83	9,4

Nota: (Chaves *et al*, 2019, p. 6)

Al observar de forma geográfica los ingenios, según las provincias involucradas, se puede observar que todas cuentan con al menos un ingenio en los últimos 80 años. Chaves y Bermúdez (2020) mencionan que “sin embargo la provincia de Alajuela la que históricamente mayor cantidad de Ingenios ha tenido en actividad con 24 para un muy significativo 50% del total” (p.50) luego, como se muestra en la figura número 3, sigue Cartago con 9 (18,8%), Guanacaste con 6 (12,5%), Puntarenas y San José con tres c/u (6,3%) y Heredia con dos (4,2%).

Figura 3
Cantidad de Ingenios por Provincia.



Nota: (Chaves y Bermúdez, 2020, p. 49)

Subproductos y derivados de la caña de azúcar.

De la caña de azúcar no solo se produce azúcar, también es una planta que proporciona diversos productos y subproductos. Sus cultivos generan oportunidades de empleo, contribuye a la reactivación económica y es uno de los sectores más comprometidos con la protección del medio ambiente y la sostenibilidad. Su investigación constante permite el desarrollo y la tecnificación del sector. La Asociación de Productores y Proveedores de Caña de Azúcar (PROCAÑA) (2020) describe algunas de los distintos productos y subproductos:

Azúcares: El azúcar de acuerdo con el estado dentro del proceso industrial, el color, granulometría y pureza puede ser:

Azúcar Crudo: producto cristalizado obtenido del cocimiento del jugo de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera, constituido esencialmente por cristales sueltos de sacarosa cubiertos por una película de su miel madre original.

Azúcar Blanco: producto cristalizado obtenido del cocimiento del jugo de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera, constituido esencialmente por cristales sueltos de sacarosa obtenidos mediante procedimientos industriales apropiados y que no han sido sometidos a proceso de refinación.

Azúcar refinado: es el producto cristalizado constituido esencialmente por cristales sueltos de sacarosa obtenidos a partir de la fundición de azúcares crudo o blanco y mediante los procedimientos industriales apropiados.

Alcohol carburante: La caña es la materia prima para su producción, estudios científicos dan como resultado que es el producto agrícola que presenta el balance energético más alto al compararlo con otros: Los combustibles que se generan en la caña son usados por los ingenios a través del bagazo y paja que son renovables y no contaminan: El CO₂ que emite cuando se quema, al igual que al quemar el alcohol, es la misma cantidad que absorbe la caña cuando crece, de esta forma el CO₂ en la atmósfera no se incrementa.

Etanol: El etanol que proviene de los campos de cosechas (bioetanol) se perfila como un recurso energético potencialmente sostenible que puede ofrecer ventajas medioambientales y económicas a largo plazo en contraposición a los combustibles fósiles. Se obtiene fácilmente del azúcar o del almidón en cosechas de maíz y caña de azúcar.

Energía: En un ingenio azucarero o dual: azúcar-alcóhol se requiere energía térmica, eléctrica y mecánica, en los procesos de transformación la caña trae consigo además de los azúcares, fibra y agua que proveen la capacidad de generar vapor en las calderas (energía térmica) la cual en turbogeneradores se convierte a energía eléctrica y en las turbinas a energía mecánica. Una porción de la energía térmica es destinada a procesos de calentamiento. Parte de la energía eléctrica es también convertida en los motores a energía mecánica para consumir en la fábrica y los excedentes se pueden vender a la red eléctrica nacional. (párr. 4-10)

Lo mencionado aclara la versatilidad que posee la caña de azúcar, por lo cual representa gran relevancia para el mercado y la economía. En palabras de Nayarit (2018) “La importancia de la caña radica en que es la materia prima de la industria azucarera. Se ubica como uno de los 10 cultivos más consumidos por las familias” (párr. 5) Actualmente, Costa Rica es el cuarto productor de azúcar en el ámbito mundial.

Exportaciones

Exportaciones del sector azucarero costarricense

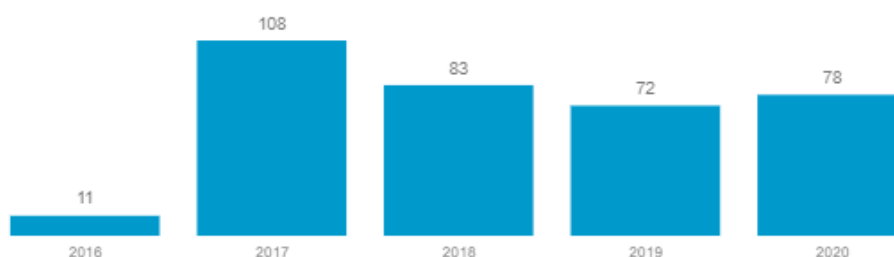
Las exportaciones del sector azucarero nacen hace muchos años atrás con la búsqueda de nuevas alternativas además de las exportaciones cafetaleras. Según comenta Manchena (2015) el origen de la caña de azúcar en “el Pacífico seco a finales del siglo XIX, los intereses estatales por encontrar alternativas exportables al café, así como los poderosos intereses públicos y privados que consideraban la cuenca del Tempisque como el lugar idóneo para instalar agroindustrias mecanizadas” (p. 83) Desde otro punto, Manchena (2015) también comenta sobre la historia de las exportaciones del sector azucarero lo siguiente:

Para el Gobierno costarricense y los azucareros, la exportación de azúcares u otros derivados de la caña, era una osada empresa, pues la producción local no podía competir con la antillana y las malas condiciones de transporte impedían su rápida colocación en los mercados. Igualmente, los precios eran insuficientes para mitigar los costos. Esto influyó para que los productores de azúcar siempre buscaran mejorar su actividad, aunque estaban conscientes de que de momento las exportaciones eran una vía difícil, pues los caminos eran rudimentarios, las carretas se destinaban al café y no abundaban en el país sacos capaces de conservar el azúcar y permitir su traslado a mercados transcontinentales. Fue hasta 1920, cuando se dio una precipitada elevación en los precios internacionales del azúcar, y con ella la exportación se tornó en una opción viable. (p. 92)

En la actualidad Costa Rica es uno de los principales países centroamericanos exportadores de azúcar, en el 2017 el principal exportador de azúcar “en Centroamérica fue Guatemala, con \$759 millones, seguido de El Salvador, con \$187 millones, Nicaragua, con \$111 millones, Costa Rica con \$104 millones, Honduras, con \$57 millones y Panamá con \$23 millones.” (Central America Data, 2018, párr. 1) El sector azucarero costarricense tuvo su pico más importante en el 2017 y desde entonces han venido bajando a través de los años. Esto se puede observar a continuación en el gráfico del anuario estadístico obtenido de PROCOMER (2020)

Figura 4

Evolución de las exportaciones en los últimos 5 años (en millones USD)



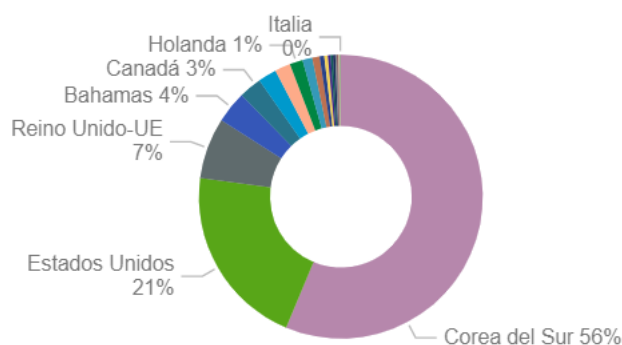
Nota:

(PROCOMER, 2020)

A continuación, en las siguientes figuras, tomadas del portal estadístico de PROCOMER (2020), se puede apreciar los principales compradores y destinos de exportación de azúcar costarricense en los últimos cinco años, asimismo, como el valor y volumen enviado.

Figura 5

Distribución de las exportaciones según principales destinos en 2020



Nota: (PROCOMER, 2020)

Tabla 3

Valor (millones USD) y volúmenes (toneladas) según principales destinos de exportación en 2020

Año	2020				
País	Valor Año Anterior	Valor Año	Volumen Año Anterior	Volumen Año	Var / Valor
Corea del Sur		44		123,423	0 %
Estados Unidos	37	16	94,606	32,935	-56 %
Reino Unido-UE	9	5	33,024	16,123	-41 %
Bahamas	2	3	4,216	4,385	15 %
Canadá	18	2	60,596	3,507	-89 %
Bélgica	1	2	763	2,409	101 %
Alemania	1	1	1,642	1,334	3 %
Holanda	1	1	1,611	1,695	12 %
México		1		2,274	0 %

Nota:

(PROCOMER, 2020)

Como se puede observar en los datos anteriores, las exportaciones del sector azucarero costarricense han percibido una baja, por esta razón se necesita innovar por medio de la implementación del internet de las cosas en sus procesos productivos para lograr la reactivación de la economía agrícola. Ya que, al agilizar sus procesos productivos con nuevas tecnologías, podría ayudar a mejorar los tiempos de entrega de las exportaciones y la calidad del producto.

Internet de las Cosas (IdC)

Las innovaciones en las tecnologías de la información y comunicación (TIC) según expresa Rose (2016) han generado “una amplia gama de productos, sistemas y sensores en red, que aprovechan los avances en la potencia de cálculo, la miniaturización de los componentes electrónicos y las interconexiones de red para ofrecer nuevas capacidades que antes no eran posibles.”(p. 10) “Estas invenciones, además, se construyen y amplifican mutuamente en una convergencia de tecnologías a través de los mundos físico y digital.” (Barrios, 2018, p.17)

Derivado del avance tecnológico mencionado, nace el internet de las cosas (IdC), como indica Barrios (2018):

El fenómeno conocido como «Internet de las Cosas» (Internet of Things, habitualmente denominado por sus siglas inglesas IoT y que también emplearemos aquí), que supone la evolución de Internet desde una red de ordenadores interconectados hasta una red de objetos Inter conexionados. El IoT ha sido llamado por voces cualificadas a ser uno de los agentes de la «cuarta revolución industrial», la Industria 4.0.

El «Internet de las Cosas» (IoT) hace referencia, como se ha adelantado, a una tecnología basada en la conexión de objetos cotidianos a Internet que intercambian, agregan y procesan información sobre su entorno físico para proporcionar servicios de valor añadido a los usuarios finales. También reconoce eventos o cambios, y tales sistemas pueden reaccionar de forma autónoma y adecuada.

Su finalidad es, por tanto, brindar una infraestructura que supere la barrera entre los objetos en el mundo físico y su representación en los sistemas de información. Esta integración de sensores y dispositivos en objetos cotidianos que quedan conectados a Internet, a través de redes alámbricas e inalámbricas ha alumbrado un nuevo modo de interacción en el mundo físico, inspirado en la idea de ubicuidad y facilitado por el desarrollo de las TIC y la industria electrónica. Se crea así una malla de conexiones en el planeta que establecería una suerte de «sistema nervioso mundial», donde la aldea global alcanzará a los objetos cotidianos. (pp. 15-19)

Actualmente la aplicación de esta tecnología es diversa, porque es adecuada para casi cualquier tecnología que pueda proporcionar información relevante sobre su propia operación, desempeño de actividad e incluso las condiciones ambientales que se necesiten monitorear y controlar de forma remota. Según como expresa Burgos (2019):

La aplicación de la tecnología en todos los campos de la sociedad ha incrementado a partir de la década de los 90, y en el sector agrícola ha traído enormes ventajas permitiendo aumentar la calidad y productividad en los cultivos (p. 16)

Como se ha mencionado, con el paso de los años se han creado y comercializado más productos y aparatos capaces de incluso manejar una casa utilizando esta tecnología, los dispositivos permiten monitorear las habitaciones de la casa, controlar la seguridad, la electricidad, la temperatura, entre otros. “No solamente en el hogar se han dado estos avances sino también en ámbitos como la medicina, la agricultura, la producción de energía y la manufactura, se han visto beneficiados por este tipo de tecnologías.” (Molina, 2020, p. 367) En palabras de Rose (2016):

El término Internet de las Cosas se refiere a escenarios en los que la conectividad de red y la capacidad de cómputo se extienden a objetos, sensores y artículos de uso diario que habitualmente no se consideran computadoras, permitiendo que estos dispositivos generen, intercambien y consuman datos con una mínima intervención humana. Sin embargo, no existe ninguna definición única y universal. (p.6)

Considerando el concepto anterior se entiende por internet de las cosas, cuando aparatos, sensores y objetos simples de uso diario se conectan directamente a una red de internet permitiéndoles de esta forma analizar datos importantes, utilizando muy poca intervención humana. Sin embargo, como menciona Rose (2016) no existe una definición única y contundente. “Mientras que algunas definiciones se enfocan en los dispositivos, otras lo hacen en la expansión del internet y su capacidad transformadora.” (Molina, 2020, p. 368)

Desde otro ámbito, es importante tomar en cuenta la definición de la Organización Internacional de Telecomunicaciones (UIT) (2016), que definió Internet de las cosas como un proyecto con importantes expectativas y con impacto tecnológico y social:

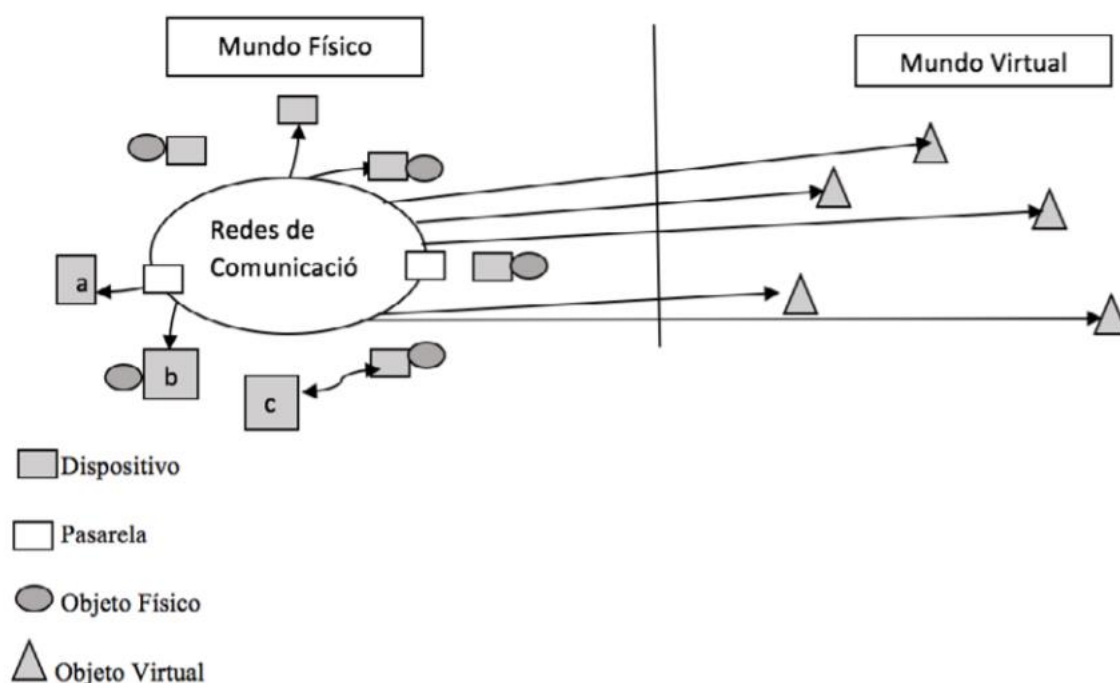
Desde la perspectiva de la normalización técnica, IoT puede concebirse como una infraestructura global de la sociedad de la información, que permite ofrecer servicios avanzados mediante la interconexión de objetos (físicos y virtuales) gracias a la interoperatividad de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) presentes y futuras. Aprovechando las capacidades de identificación, adquisición de datos,

procesamiento y comunicación, IoT utiliza plenamente los “objetos” para ofrecer servicios a todos los tipos de aplicaciones, garantizando a su vez el cumplimiento de los requisitos de seguridad y privacidad. (p.8)

Esta definición aclara, cómo el internet de las cosas funciona como herramienta para el desarrollo actual y futuro de la sociedad de la información, por ende, de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Esta definición también explica que, el IdC está compuesto por el mundo físico y el mundo virtual, en el caso de los cuales los datos del mundo físico se pueden representar en el mundo virtual, sin embargo, no siempre se puede realizar la acción viceversa. La UIT utiliza la figura que se expondrá a continuación, para explicar de forma más amplia su concepto de internet de las cosas:

Figura 6

Descripción técnica de internet de las cosas



Nota: (UIT, 2016, p. 10)

Seguidamente, en palabras de Molina (2020) quien explica la figura anterior de la siguiente forma:

En la figura podemos ver cómo los objetos del mundo físico se comunican con el mundo de la información de tres formas básicas diferentes: 1) A través de una red de comunicación con una pasarela que es el caso de la letra “a”, 2) mediante la red de comunicación desde un dispositivo físico el caso de la letra “b” y 3) directamente con el mundo virtual. Estas formas de comunicarse se pueden combinar entre sí según la necesidad que se tenga. (p. 369)

Adicionalmente, a las definiciones expuestas, es importante tomar en cuenta las características presentadas a continuación por la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (2016) para poder reconocer este tipo de tecnologías, con mayor precisión:

1. **Interconectividad:** En el contexto de IoT, todo puede estar interconectado con la infraestructura mundial de la información y la comunicación.
2. **Servicios relacionados con objetos:** IoT es capaz de suministrar servicios relacionados con los objetos dentro de las restricciones de objetos, como protección de la privacidad y coherencia semántica entre los objetos físicos y sus correspondientes objetos virtuales. Para ofrecer servicios relacionados con objetos dentro de las restricciones de objetos, las tecnologías en el mundo físico y en el de la información evolucionarán.
3. **Heterogeneidad:** Los dispositivos en IoT son heterogéneos dado que se basan en diferentes plataformas, hardware y redes. Pueden interactuar con otros dispositivos o plataformas de servicios mediante redes diferentes.
4. **Cambios dinámicos:** El estado de los dispositivos varía dinámicamente, por ejemplo, del modo reposo al activo, conectado y/o desconectado, así como el contexto del dispositivo, como la ubicación y velocidad. Además, el número de dispositivos también puede cambiar, dinámicamente.
5. **Escala enorme:** El número de dispositivos que ha de gestionarse y que se comunican entre sí puede ser incluso un orden de magnitud mayor que el número de dispositivos conectados actualmente a Internet. El porcentaje de comunicación que requerirán estos dispositivos será muchísimo mayor que el de la comunicación entre humanos. Será incluso más esencial la gestión de los datos generados y su interpretación para fines de aplicación, aspectos éstos que guardan relación con la semántica de datos y la manipulación eficiente de datos. (p.12)

Gracias a estas definiciones y conceptos se puede crear un panorama más amplio y concreto de lo que es el internet de las cosas y lo que representa para el mundo en la actualidad. Para efectos de esta investigación también, serán de ayuda para comprender de qué forma la

tecnología impacta distintas áreas comerciales y cómo ayudaría a reactivar la economía de Costa Rica, facilitar y mejorar procesos productivos y de exportación.

Relación entre el internet de las cosas (IdC) y la inteligencia artificial (IA)

La relación entre estos conceptos es importante, ya que se complementan a la hora de brindar los servicios que ofrecen, en palabras de Molina (2020):

¿Cómo y para qué se vincula la inteligencia artificial con el Internet de las Cosas? La respuesta sencilla es que son tecnologías que se complementan para potenciar los servicios que se prestan. Para entenderlo mejor, se propone el siguiente ejemplo: en el campo de la agricultura se pueden poner sistemas con sensores en los cultivos para monitorear su crecimiento y las condiciones climáticas. La información que se recolecta a través de estos dispositivos de IoT se puede procesar en un sistema con inteligencia artificial, para que este genere un modelo predictivo del crecimiento de los cultivos dependiendo de las condiciones del clima, tomando incluso en consideración una predicción sobre las variaciones climáticas en un período determinado. (p. 374)

De esta forma, no solo se analiza la información obtenida en tiempo real, sino que con esos datos se realizarán predicciones más exactas de los problemas que se puedan presentar a futuro y de esta forma tomar acciones al respecto y maximizar la productividad y calidad. La combinación de estas dos tecnologías se ha convertido en una necesidad en las empresas para crear valor agregado a sus sistemas. Castillo (2019) ilustra la anterior con el siguiente comentario:

La Inteligencia Artificial se convierte en una herramienta ideal para administrar toda la información generada por el IoT, cuando hablamos de que diversas consultoras señalan que para 2020 habrá entre 20 mil a 50 mil millones de dispositivos conectados. El volumen de datos generados cada minuto por una red de objetos IoT de esta magnitud es imposible de analizar y manejar para un departamento liderado por humanos, debido a la rapidez con la que las bases de datos van a actualizarse y debido a que los objetos necesitan respuestas rápidas (especialmente maquinaria industrial y automóviles sin conductor) el IoT no puede permitirse un nivel de procesamiento de datos lento. (p. 6)

Desde otra arista, se considera que la inteligencia artificial es el factor que le da potencia al internet de las cosas. Como menciona, Open Mind BBVA (2017) “la inteligencia artificial es el motor o el “cerebro” que permitirá el análisis y la toma de decisiones a partir de los datos

recopilados por la internet de las cosas” (párr. 5) Seguidamente, Banafa (2017) argumenta que existen seis tipos de análisis de los datos obtenidos por el IdC a través de la IA, estos son los siguientes:

1. Preparación de datos: Definir grupos de datos y limpiarlos para llevar a conceptos como datos oscuros o lagos de datos.
2. Descubrimiento de datos: Encontrar datos útiles en los grupos de datos definidos.
3. Visualización de datos en streaming: Tratar de inmediato datos en streaming mediante la definición, descubrimiento y visualización de datos de formas inteligentes para facilitar que el proceso de toma de decisiones tenga lugar sin retrasos.
4. Precisión de las series temporales de los datos: Mantener un nivel de confianza alto en los datos recopilados con una precisión e integridad elevadas de los datos.
5. Análisis predictivo y avanzado: Paso muy importante en el que se pueden tomar decisiones con base en los datos recopilados, descubiertos y analizados.
6. Geoespaciales y ubicación en tiempo real (datos logísticos): Mantener un flujo de datos tranquilo y bajo control. (párr.13)

La combinación y complementación de estas tecnologías se consideran relativamente nuevas, sin embargo, ya se han empezado a implementar y experimentar con ellas en Costa Rica, se le ha abierto las puertas a la investigación y a la tecnificación de distintos sectores, lo que ha fomentado el crecimiento y la innovación en las empresas, lo que resulta beneficioso para la calidad de los productos costarricenses que se deseen comercializar, tanto dentro como fuera del país.

Internet de las cosas en Costa Rica

Costa Rica es un país que posee mucho potencial para explotar el internet de las cosas en distintas áreas, sin embargo, existen cuatro áreas importantes que se deben tomar en cuenta para su debido desarrollo. Molina (2020) menciona que estos dos aspectos para tomar en consideración son “la política pública para fortalecer el uso de estas, el impulso desde las instituciones educativas tanto de los programas académicos como de la investigación y de la

industria TIC con la comercialización de soluciones basadas en IoT.” (p. 387) En palabras de PROCOMER (2020):

La cuarta revolución industrial constituye un mercado global de más de 665 mil millones de USD y representa un proceso de transformación que impacta diferentes esferas de la vida humana, no solo en un ámbito productivo, sino también socioeconómico, laboral y cultural, donde la fuerza de cambio es siempre la tecnología.

En este contexto, Costa Rica participa con un sector TIC experimentado e integrado por cerca de 450 empresas, del cual el 12% (56 empresas) se identificó desarrollan servicios basados en tecnologías vinculadas a la industria 4.0, intensivas en valor agregado. Este segmento de la oferta genera 970 empleos directos, mayormente PYME (80%) y con una cartera de servicios especializados compuesta por más de 19 categorías 4.0, con mayor participación de Clouding Computing (54% de las empresas), Big Data (50%), Internet de las cosas (46%), Inteligencia artificial (36%) y RPA (36%), entre otras.

En este ámbito específicamente de bienes, se evidencia de RPA, Automatización, Cloud Computing, X-Reality y Big Data son las tecnologías más demandadas; mientras que dispositivos médicos, alimentario y agrícola los sectores que demandan un mayor número de estas tecnologías. En Costa Rica, se identifican aplicaciones de alto valor agregado y escalabilidad a nivel internacional de casos de éxito importantes, como IoT en sector agrícola (sensores y drones en áreas de producción y en sector ciencias de la vida (control automatizado de hornos especializados para implantes médicos); así como Big Data en industria alimentaria para la identificación de patrones de consumo y tendencias en el mercado, entre otros casos. (p.2)

En este estudio donde se analizó la oferta que ofrece Costa Rica en la especialización de tecnologías 4.0, en distintos sectores productivos del país PROCOMER (2020) también menciona que algunos de sus principales hallazgos del internet de las cosas en los sectores costarricenses y sobre sus principales usos fueron los siguientes:

IoT como ecosistema: El 46% de la oferta 4.0 costarricense desarrolla Internet de las cosas y posiciona como la tercera categoría con mayor presencia.

Actualmente, Costa Rica es el segundo país de América Latina con mejor preparación para la implementación del IoT según un estudio de Deloitte y del Centro de Estudios de Telecomunicaciones de América Latina.

El perfil de las empresas en esta categoría es intensivo en experimentación, desarrollo de soluciones propias y muestra una vinculación interesante en ámbitos no tradicionales del 4.0 a nivel local, como sectores agrícolas, pecuario y pesca.

Iniciativas locales como: Mecsoft (consorcio de empresas vinculadas al IoT); e IoT Republik (hub tecnológico y de negocios especializados en este ámbito) reflejan que existen en el país condiciones para potenciar y diversificar al IoT como ecosistema productivo, vinculado tanto con sectores de bienes y servicios en CR y mercados internacionales (p.16)

Políticas Públicas.

A pesar de que en Costa Rica existen distintas iniciativas para fomentar la implementación del internet de las cosas en los distintos sectores del país, no existe una política que haga referencia, sino que se toma de dos políticas distintas. Tal como comenta Molina (2020) “El IoT se considera en dos políticas públicas en diferentes sectores. En el Plan Nacional de Ciencia y Tecnología 2015-2021 se menciona esta tecnología como parte de los componentes necesarios para el desarrollo de las ciudades inteligentes” (p.387) El Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (Micitt) (2015) señala que:

El desarrollo de las ciudades en materia ambiental, las tecnologías digitales (en particular el Internet de las Cosas habilitado por tecnologías tales como IPv6, redes de banda ancha y dispositivos empotrados) crean un ambiente único para medir de manera rigurosa el impacto sobre el medio ambiente de las actividades y expectativas humanas.

Fase II. Ciudad Inteligente y Eficiente. El desarrollo se enfocará en aumentar la eficiencia de la ciudad, potenciando sus capacidades para convertir los recursos en bienestar social y económico a través del monitoreo, vigilancia y ajuste de sus parámetros de operación. Esta etapa tiene como elemento principal la instrumentación de la ciudad mediante el Internet de las Cosas para obtención de datos hacia la toma de decisiones de manera más temprana y precisa. El factor energético es un objetivo esencial para la consolidación de esta fase. (p. 268-303).

En el 2018 el gobierno lanzó la iniciativa denominada “Estrategia de Transformación Digital hacia la Costa Rica del Bicentenario 4.0” como otro instrumento de política pública en el que se hace referencia al Internet de las Cosas. En palabras de Molina (2020) esta herramienta en la que se “señala la importancia del IoT como parte de las tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial y se enfatiza en la necesidad de integrar todas ellas en el ecosistema de instituciones

públicas para lograr la modernización del aparato público” (p. 388) En la siguiente figura se explica la analogía de la herramienta mencionada.

Figura 7

Estrategia de Transformación Digital hacia la Costa Rica del Bicentenario 4.0



Nota: (Micitt, 2018)

Educación.

En Costa Rica existen programas, cursos y técnicos especializados en el tema de internet de las cosas, estos existen con el propósito de capacitar a la población respecto de la innovación tecnológica a la que apunta la industria actual. Molina (2020) destaca algunas de las universidades que poseen programas de estudio dedicados al tema en mención:

La Universidad Cenfotec ofrece un Técnico en Internet de las Cosas, con una duración de 20 meses y en modalidad virtual.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones imparte en conjunto con Cisco Networking Academy en modalidad virtual, como parte de la oferta gratuita de educación en los Centros Comunitarios Inteligentes. Este curso consta de 5 módulos y al finalizar se entrega un certificado de reconocimiento. También la Academia de Tecnología de la UCR ofrece un curso 100% virtual de introducción de IoT a sus estudiantes de forma gratuita. (p.391)

Cabe señalar que el surgimiento del Internet de las cosas en Costa Rica es relativamente nuevo, por lo que es posible que el plan de estudios esté rezagado en comparación con otros países y no haya una formación extensa, por tanto, no hay una universidad con una carrera relacionada con la informática respecto de este campo en el curso actual. Debido al auge del Internet de las cosas, comprender esto es importante para muchos trabajos futuros.

Implementación del internet de las cosas en la agricultura

El internet de las cosas posee muchas aplicaciones que se pueden utilizar y son variadas sus funciones, según comenta, Mora (2016) algunas de las aplicaciones potenciales del internet de las cosas son, por ejemplo, en la “industria al detalle, en el campo de la educación, la agricultura, la biología y los animales, en los bosques, la agricultura, la industria de la medicina, la automovilística, la salud y el monitoreo de infraestructura, como puentes y edificios.” (p.1) Una

de las tecnologías en las que más se ha investigado y trabajado para la implementación del IdC es en la agricultura.

La modernización del campo y las tareas realizadas permiten confirmar que el sector de la industria agrícola es uno de los candidatos más fuertes para las aplicaciones de IoT en la próxima década. Esencialmente, las soluciones de IoT se consideran el siguiente paso en la modernización debido a las demandas y problemáticas que enfrentan los sectores agrícolas. La Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER) (2021) menciona que:

Según la ONU, la población mundial será de 9.700 millones en 2050. Para satisfacer la demanda que representará este incremento poblacional, en el sector agrícola resultan fundamentales las soluciones basadas en el Internet de las Cosas (IoT) que permitan aumentos en la productividad. (párr. 1)

Asimismo, Molina (2020) menciona lo siguiente sobre respecto de la importancia de la implementación del internet de las cosas en la agricultura:

La clave del éxito para que todos estos dispositivos puedan hacer a la agricultura más eficiente y amigable con el ambiente es la interacción entre el IoT y la inteligencia artificial, ya que a través de estos se puede recolectar diferente información y crear modelos predictivos que sirvan para la toma de decisiones que afectan los cultivos, disminuyen los costos y maximizan la productividad.

En este panorama la agricultura inteligente puede ser un factor para hacer más competitivos a los pequeños y medianos productores de los países de tercer mundo, porque la sofisticación de los dispositivos y su asequibilidad es variable dependiendo del objetivo que se tenga, que puede ir desde la simple recolección de datos hasta análisis predictivos. Adicionalmente la información que brindan estos hacen que los recursos a aplicarse en la agricultura se utilicen de una forma más eficiente y se puedan predecir factores externos como plagas o fenómenos naturales que afecten la producción y con ello tomar las medidas necesarias para minimizar los efectos. (p. 386)

A continuación, se expondrán algunos de los principales usos del internet de las cosas en el sector agrícola. Algunas de estas prácticas son más nuevas que otras, sin embargo, a lo largo de los años y conforme esta tecnología ha evolucionado de igual forma lo han hecho acerca de las áreas de implementación lo que ha favorecido eficientemente a los productores. Lo cual, ha significado la reactivación económica agrícola en los países.

Agricultura de precisión e inteligente.

Agmoderna (2017) explica que la agricultura de precisión “es el conjunto de tecnologías que se aplican al trabajo en el campo como satélites, sensores, imágenes y datos geográficos, que reúnen la información necesaria para entender las variaciones del suelo y los cultivos.” (párr. 1) Monsanto (2017) menciona que, debido a la agricultura de precisión, “los productores pueden determinar de manera más efectiva las semillas que quieren plantar, los campos que quieren plantar e incluso pueden predecir el rendimiento de la cosecha, lo que hace que el trabajo sea más preciso.” (párr. 1) Seguidamente, PROCOMER (2021) ha indicado que:

Ya se utilizan 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), entre otros. (párr. 1)

Además, en palabras de Molina (2020) la agricultura de precisión es:

Una de las áreas en las que se aplica el IoT en el campo agrícola, es la agricultura de precisión que consiste en aplicar diferentes dispositivos para hacer que esta actividad productiva sea más eficiente y precisa, a través del monitoreo y diagnóstico automatizado del proceso integral de un cultivo. Mediante GPS, sensores y Sistema de Información Geográfica (SIG), la agricultura de precisión conoce las características químicas de los suelos de cultivo. Con la aplicación de la agricultura de precisión se puede obtener información como las características y condiciones del suelo, ubicación geográfica, composición química, humedad, grado de acidez, etcétera. Con dicha información definir como iniciar el cultivo, las formas convenientes de riego, el uso de plaguicidas y definir la sustentabilidad del proceso total de cultivo. (p. 385)

Algunas de las formas en las que se utiliza el internet de las cosas en la agricultura de precisión son las siguientes:

Tractores inteligentes.

El primer tractor inteligente que se ha creado por la empresa Monarch en California, Estados Unidos. Agroinformación (2021) explica que:

Este tractor inteligente puede realizar de manera autónoma, tareas preprogramadas sin la presencia de un conductor u, opcionalmente, un operador puede utilizar las funciones de automatización interactiva del Monarch. En este sentido, utiliza cámaras de 360° para realizar sus tareas sin problemas y con las máximas medidas de seguridad, tanto de día como de noche. (párr. 4)

Seguidamente, Burgos (2019) expresa respecto de los tractores inteligentes:

Son unos tractores inteligentes que sustituyen la cabina del conductor por un completo sistema autónomo basado en cámaras, radares, GPS y sensores que detectan obstáculos y hacen que el vehículo cambie de dirección para evitar impactos. El agricultor lo programa con una aplicación y puede hacerlo trabajar de manera simultánea con otros tractores. Funciona gracias a la introducción de mapas en el sistema, con los límites del campo y, además, incluye un software de planificación de trayectos. (p. 14)

Drones.

En palabras de Burgos (2019) los Drones utilizados para la agricultura son:

Unas aeronaves no tripuladas que cada vez van a sobrevolar más terrenos agrícolas. En concreto, la consultora IDTechEx calcula que el mercado de los robots y los drones para la agricultura mueve ya 2.600 millones de euros al año y prevé que esta cifra se triplique en 2022 hasta alcanzar los 8.900 millones de euros. Muchos agricultores los utilizan ya para conocer con precisión en tiempo real el estado de los cultivos y, así, realizar una fumigación de precisión. Incluso, en Polonia han comenzado a trabajar con los denominados ‘drones abeja’ para favorecer la polinización mundial debido a la reducción de abejas. (p. 14)

Monitorización en línea.

El monitoreo de las plantaciones, durante los procesos de crecimiento y de producción, son muy importantes, por esta razón observarlos, constantemente, esto podría brindar información para el perfeccionamiento de la calidad del producto. Dicho en palabras de Calderón (2021)

Sensores para detectar contenidos de humedad en el suelo para definir el momento más apropiado para regar, con cámaras hiperespectrales montadas sobre drones para detectar plagas y enfermedades o estado de vigor del cultivo, o bien con algunas tecnologías más sofisticadas como los radares de penetración terrestre (GPR) que a través de ondas electromagnéticas, son capaces de detectar anomalías del subsuelo, y mapear situaciones

de nivel de drenaje, humedad del suelo, pedregosidad subsuperficial, profundidad efectiva del suelo o bien evaluar el volumen de raíces del cultivo, variable muy importante para calcular las dosis de riego efectiva en condiciones de estrés hídrico. (párr. 2)

A continuación, desde el punto de vista de Burgos (2019)

A través de sensores permite a los agricultores conocer desde su smartphone o tablet la temperatura, humedad y tamaño del tallo de la fruta o cultivo. En función del estado de los cultivos cada persona puede adecuar a cada finca el tratamiento de fertilizantes y funguicidas de forma eficaz y precisa. Gradiant, el Centro Tecnológico TIC de referencia en Galicia, afirma que estas aplicaciones pueden llegar a suponer un ahorro de hasta un 30% en el coste de los fertilizantes de muchas explotaciones. (p. 15)

A través de sensores, también se puede realizar control de plagas, así se evita que estos lleguen a arruinar los cultivos por completo o que afecten la calidad del producto final. Burgos (2019) explica que estos “se instalan en los cultivos y avisan a los agricultores sobre cuáles son las condiciones más adecuadas para la proliferación de plagas.” (p. 15) De esta forma, los agricultores tendrán una manera más clara de las problemáticas que presentan sus cultivos.

Invernaderos inteligentes.

Los invernaderos inteligentes son aquellos que combinan varias herramientas: sensores para obtener información oportuna, precisa y suficiente para realizar los procesos que afectan el producto final, el riego y otros como los factores climáticos, la humedad, la luz, el aire y la temperatura del suelo. En palabras de Novagric (2016) “Un invernadero inteligente tiene la capacidad de controlar las variables ambientales que afectan al cultivo.” (párr. 1) La Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica comenta sobre los invernaderos inteligentes lo siguiente:

Aprovechan el IoT y los dispositivos conectados para crear microclimas auto-regulados propicios para la producción. Estos ambientes controlados evitan condiciones inclementes del clima, mientras que entregan información en tiempo real a los agricultores, la cual pueden aprovechar para tareas como fumigación, riego, iluminación, temperatura, humedad y otros. (párr. 3)

Tecnificación del sector.

Gómez (2018), destaca que debido a “el acceso a nuevas tecnologías disponibles en el mercado, la evolución de la gestión de los activos que amparan un buen manejo de recursos y la demanda real de equipos de alta eficiencia en los sistemas de producción agrícola” (p. 174) se han producido más productos en un período de tiempo más corto. Matra (2021) menciona que “actualmente en Centroamérica los países más tecnificados en el sector agrícola son Guatemala, Costa Rica y Honduras. En los cuales se hace uso de GPS y drones para lograr la fotogrametría en la agricultura.” (párr. 6) Seguidamente, PROCOMER se refiere al tema así:

Si bien la agricultura inteligente y de precisión ganan popularidad en el sector, pueden tan solo ser precursores para una mayor tecnificación. El surgimiento del blockchain también resulta relevante, gracias a su capacidad de proveer información importante de los cultivos mediante sensores, según su trazabilidad a partir de factores como contenidos de sal, azúcar o niveles de pH. (párr. 2-3)

Iniciativas que existen en Costa Rica para la implementación del Internet de las Cosas (IdC) en el sector azucarero costarricense

Es importante que los productores agrícolas estén conscientes de la relevancia en la utilización del Internet de las Cosas en sus productos, existen distintas formas de aplicar el IdC en el sector agrícola, (PROCOMER, 2021) menciona que según la Organización de las Naciones Unidas [ONU]:

La población mundial será de 9.700 millones en 2050. Para satisfacer la demanda que representará este incremento poblacional, en el sector agrícola resultan fundamentales las soluciones basadas en el Internet de las Cosas (IoT) que permitan aumentos en la productividad. (párr. 1)

En Costa Rica se ha iniciado la implementación de lo que se conoce como agricultura de precisión, esto con el propósito de mejorar la calidad de sus cosechas y volver más eficientes sus procesos. La Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica (2021) menciona que “La agricultura de precisión les permite identificar los problemas en fases tempranas y evitar que se conviertan en un verdadero inconveniente. Lo mismo ocurre con la nutrición y las plagas.” (párr. 2)

En el 2014 se dieron los primeros pasos para introducir el Internet de las Cosas en la agricultura, como menciona La Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Piña [CANAPEP] (2017) “Colono Agropecuario introduce AP Tech para ofrecer las tecnologías de la agricultura de precisión a productores de piña, arroz, yuca, caña de azúcar entre otro basándose en la oportunidad de lograr mejor rentabilidad y sostenibilidad.” (párr. 3) Seguidamente, CANAPEP (2017) menciona acerca del funcionamiento de esta aplicación:

Colono AP Tech desarrolla tres etapas para ejecutar los planes de agricultura de precisión, la primera es manejo y conservación de suelo que diseña la siembra para evitar pérdidas de suelo por erosión y aprovechar el terreno, la información se obtiene a través de un modelo primario, usando un dron. La segunda etapa implementada con Sistema de Información Geográfico que controla y mide la exactitud de cultivo, clave para las tomas de decisiones. En la tercera etapa, la recolección de datos es importante para monitorear y así dar recomendaciones basadas en mapas de interpretación y análisis. (párr. 5)

En el país se han creado distintas iniciativas con el propósito de incentivar y promover el uso de estas tecnologías en el sector agrícola, una de las iniciativas fue la creación de un Centro de Agricultura de Precisión; la Universidad Earth (2018) menciona sobre lo anterior que:

En mayo de 2016, el Sistema de Banca para el Desarrollo (SBD) aprobó la creación de un proyecto para el establecimiento de un Centro de Agricultura de Precisión (CAP) para los agricultores de Guanacaste, ubicado en el campus EARTH La Flor, en Liberia, Guanacaste, Costa Rica.

Esto con el objetivo de mejorar la productividad en las actividades agrícolas de pequeños y medianos agricultores, definidos como beneficiarios de la Ley N° 9274 en la Región Chorotega. (párr. 4)

La Universidad Earth (2018) menciona que gracias a las nuevas tecnologías de la información implementadas en el Centro de Agricultura de Precisión se ha logrado “registrar las condiciones de producción y realizar inventarios de nutrientes para aplicar las cantidades necesarias en el tiempo y el espacio. Además de ayudar a la eficiencia de otros factores como el riego.” (párr. 6) Lo cual ha sido de gran beneficio para la provincia de Guanacaste, ya que esta pasa su mayor parte del año en sequía.

Desde otro ámbito, en el 2016 el Instituto Tecnológico de Costa Rica [TEC] (2017) junto con el Laboratorio de Agricultura de Precisión [LAP] de la Universidad de Sao Paulo decidieron crear un curso sobre:

Actualización sobre la aplicación de la agricultura de precisión en la ingeniería agrícola, por lo que la Escuela consideró oportuno brindar un curso de educación continua en Costa Rica sobre el tema, llamado Agricultura de precisión: un enfoque de ingeniería. (p. 20)

El TEC menciona que este curso tiene como objetivo “promover el conocimiento técnico y científico de los avances de la ingeniería en la agricultura, promover el uso óptimo de las tecnologías disponibles en el país y ampliar horizontes en investigación y desarrollo en temas relacionados.” (p. 20) Esto impulsa a los estudiantes a actualizarse, para que puedan salir al mercado laboral con una visión direccionada al futuro y a la innovación.

Seguidamente, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA] (2020) comenta sobre su proyecto junto con La Universidad CENFOTEC que “lanzaron el programa de formación técnica Internet de las Cosas (IOT) para el agro, para dotar al sector agropecuario de herramientas tecnológicas que hagan más eficiente y sostenible la producción de alimentos.” (párr.1) Asimismo, estas instituciones se plantean en un futuro la posibilidad de lanzar una “Maestría en Agricultura Digital, que se impartirá desde Costa Rica (donde está la sede de UCENFOTEC) para toda América Latina y el Caribe.” (IICA, 2020, párr. 2)

En palabras de Cordero (2021), este programa existe:

Para la formación de técnicos y profesionales se desarrolló un programa de IoT junto con la Universidad Cenfotec, dirigido a jóvenes rurales de América Latina, y se impulsa una maestría regional de agricultura digital con la Universidad de Córdoba, España.

Los especialistas recalcan que los esfuerzos se enfocan en la transformación “en marcha” hacia una producción más tecnificada, moderna, competitiva, inclusiva y basada en ciencia. En el caso de Agro-Innova la meta es instalar estaciones a finales del 2021 en dos o tres países y escalar luego a 90 parcelas (15 por país) para que los productores vecinos comprueben los resultados. (párr. 18)

Con el propósito de impulsar el uso y la adopción de estas tecnologías avanzadas a bajo costo entre los productores que no pueden hacer grandes inversiones, se desea crear una herramienta que les apoye en la coordinación de los elementos meteorológicos, ya que esto los puede favorecer en la toma de decisiones correctas anticipadas. “Una estación meteorológica en una parcela registra en tiempo real datos de humedad, viento, precipitación o temperatura, entre otras, cuyas oscilaciones afectan los cultivos.” (Cordero, 2021, párr. 2) De igual forma Cordero (2021) aclara que:

La estación combina tecnologías de Internet de las cosas (IoT), como sensores, y de computación en la nube para mejorar la actividad productiva, la conservación forestal y el uso del agua. Una estación profesional tiene un costo de \$18.000 a \$40.000, por lo que el objetivo del proyecto es reducirlo a menos de \$1.000 y con la misma eficiencia.

La idea es instalar estaciones en la costa del Pacífico, desde Chiapas (al sur de México) hasta Panamá, una zona de productores con alta vulnerabilidad a los cambios climáticos y del mercado. Así podrán monitorear información de las variables, recibir alertas y obtener recomendaciones. (párr. 6-7)

Esta iniciativa se presentó en Agro-innova 2020, evento en el cual como explica Cordero (2020):

Agro-Innova, iniciada en noviembre de 2020, es ejecutada por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), con el apoyo financiero de la Unión Europea, y con la cooperación de entes como Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Catie), en cuya sede en Turrialba se realizan las pruebas. (párr. 4)

En el 2020 se inició un proyecto de agricultura de precisión en Finca El Rinconcito Orgánico Irazú ubicada en Cartago, esta iniciativa se llevó a cabo gracias al apoyo y se desarrolla con el apoyo de la Promotora de Comercio Exterior (PROMOCER), el Sistema de Banca para el Desarrollo y la Fundación CR-USA, “mediante fondos no reembolsables con la meta de lograr un óptimo aprovechamiento del agua llovida que se recolecta en tres tanques y un reservorio.” (Mercados y Tendencias, 2020, párr. 4)

Este proyecto proviene del programa llamado Descubre, el cual es llevado a cabo por PROCOMER. Como menciona Mercados y Tendencias (2020):

El plan en Tierra Blanca de Cartago se enmarca en el Programa “Descubre” de PROCOMER, que tiene como una de las metas principales promover el uso racional del recurso hídrico mediante la instalación de dispositivos como tensiómetros para determinar el momento justo y el lugar donde se deben realizar las aspersiones mediante la medición de la humedad en el suelo. (párr. 6)

Es importante que la investigación y la industria del Internet de las Cosas avancen de forma paralela, ya que las diferentes necesidades de la industria pueden satisfacerse, a través de la investigación, y debido a esto, los equipos y avances producidos por la investigación puedan llegarse a comercializar. Gracias a lo mencionado, la mayor parte de las investigaciones realizadas hasta el momento son por parte de la industria y la empresa en el campo de los productos innovadores y las nuevas soluciones para los clientes.

Varias empresas costarricenses se han aliado para investigar y crear proyectos juntos, y de esta forma puedan satisfacer las necesidades de sus clientes y consumidores más importantes. Tal como destaca Molina (2020) un ejemplo de esto es “la Universidad de Costa Rica (UCR) se encontró evidencia de dos proyectos de investigación relacionados con el IoT, uno en el área de las ciencias de la computación y la información y otro en el campo de la física.” (p. 392)

El país no solo se ocupa del Internet de las Cosas desde una perspectiva investigativa o educativa, sino que también las empresas costarricenses brindan servicios basados en esta tecnología del internet, como es el caso en el que diversas empresas multinacionales brindan este tipo de soluciones en el ámbito nacional. A continuación, Molina (2020) describe algunas de las iniciativas de estas organizaciones:

Una de las iniciativas más recientes en la industria es IoT Republik, un hub de tecnología puesto en marcha en el 2019 con proyectos piloto en tres áreas: Red 5G, Movilidad, Transporte y Agroindustria. Los proyectos en los que actualmente está trabajando esta empresa corresponden a los siguientes:

1. Red 5G: busca implementar un laboratorio en el que diferentes actores de la sociedad puedan experimentar con la tecnología 5G y crear nuevos productos.

2. Movilidad y Transporte: para este campo el hub ofrece la solución SmartTraffic que pretende utilizar la información que generan a diario cámaras, semáforos y sensores que ya están instalados en las carreteras de Costa Rica y procesarla con herramientas como minería de datos, machine learning e inteligencia artificial de modo que se generen algoritmos e información que mejoren la movilidad y el transporte en las carreteras.

3. Agroindustria: El proyecto StockSafe permite que los animales de ganadería puedan ser monitoreados a través de sensores que pueden proveer información de la salud de los animales. La información es almacenada y procesada en la nube para generar reportes y que los ganaderos puedan tomar decisiones acertada y a tiempo sobre el desarrollo de sus animales.

En esta misma línea en el 2016 se creó el Consorcio Internet de las Cosas que tiene como asociadas a las empresas Mecsoft, Ada Robotics, Lantern Technologies, Global Code Technology, Itecna Ingeniería y Tecnología Aplicada, Elvatron y Exek. Además, tiene integrantes que son emprendedores como About Technologies, Ecoseg Consultores S.A, Costa Rica 2050, Green Energy, Flota Eficiente. Com y cuenta con aliados como el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (Micitt), el Ministerio de Comercio Exteriores (Comex), la Cámara de Industria y Comercio, el Instituto Tecnológico de Costa Rica, la Universidad Fidélitas, la Municipalidad de Curridabat y Cedes Don Bosco. (p. 392-393)

Cada una de estas empresas posee distintas herramientas con las que aporta diferentes soluciones para cubrir las necesidades del mercado. Aunque es una industria que aún inicia su desarrollo en Costa Rica, esta se encuentra en constante evolución y posee un potencial infinito no solo para las empresas multinacionales, sino también para las empresas nacionales para la reactivación económica del país.

Las universidades estatales también han tomado parte en crear iniciativas que promuevan la innovación en las empresas y ayudarlos actualizarse y reinventarse en el mercado, un ejemplo de esto es la Universidad de Costa Rica, quien junto con el MICITT han creado la Agencia de Promoción de la Innovación. En esta agencia se llevan a cabo convenciones todos los años donde se hablan distintos temas relacionados y de interés para el sector. Cortes (2018) explica la convención que se llevó a cabo en 2018:

El Tercer Congreso Nacional de Innovación fue organizado por subcomisión Nexo Universidad-Sector Socioproductivo de CONARE bajo el liderazgo de la Universidad de Costa Rica (UCR). Dicha subcomisión agrupa a las oficinas de transferencia de tecnología y de vinculación de las Universidades Públicas: la Unidad de Gestión y

Transferencia del Conocimiento para la Innovación (PROINNOVA) de la UCR, al Centro de Vinculación del Instituto Tecnológico de Costa Rica, a la oficina de Transferencia Tecnológica y Vinculación Externa de la Universidad Nacional, a la Dirección de Internacionalización y Cooperación de la Universidad Estatal a Distancia y a la Secretaría Técnica de Vinculación con los Sectores Productivos de la Universidad Técnica Nacional.

Este evento tuvo como objetivo fortalecer el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología para la Innovación a través del impulso del emprendimiento y la innovación en el país y se convierte en espacio de discusión para el ecosistema y una plataforma para la presentación de casos exitosos que fueron escogidos por un grupo de jurados. Adicionalmente se generó un espacio para la participación de emprendedores y actores de apoyo al ecosistema.

Fue diseñado bajo el concepto de Quintuple Hélice, el cual es un modelo de innovación que debe permitirnos enfrentar los grandes retos a través de la aplicación del conocimiento y debe permitirle a la sociedad entender el enlace entre conocimiento e innovación con el fin de promover un desarrollo sostenible que permita mejorar la calidad de vida de las personas.

El Congreso estuvo articulado alrededor de 4 sesiones temáticas de interés prioritario para el país: Ambiente y Energía, Salud y Bienestar, Agroalimentarias y Sociedad inteligente. En cada una de las sesiones temáticas se presentaron casos de éxito y la “Quintuple Hélice” interactuó en paneles de discusión integrados con representantes de gobierno, academia, empresa/emprendedores y sociedad civil enfocados en un desarrollo país articulado en un eje de sostenibilidad. (p.2)

Es necesario resaltar y mencionar una importante iniciativa estatal que se desarrolla hace varios años, esta se inauguró en el 2020. Este proyecto se creó con el objetivo de ayudar a las familias y empresas de zonas rurales que se dedican a la producción agrícola como lo son los productores de caña de azúcar. Se trata de un programa de alta tecnología para el mejoramiento de la productividad del sector agrícola, mediante herramientas de precisión y agregación de valor en todo el país.

Castro (2020) explica ampliamente, con sus palabras, en qué consiste este proyecto:

Bajo el nombre, AGRINNOVACION 4.0 la plataforma permitirá la sistematización de datos para la toma de decisiones y el fortalecimiento de los negocios rurales. En total, se estima que la iniciativa impactará de manera directa a 5.000 familias el primer año, 3.000 familias el segundo y otras 3.000 familias el tercero, para un total de 11 mil familias productoras.

El programa es liderado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería y el Instituto de Desarrollo Rural, el sector académico y otros cooperantes, como el Sistema de Banca para el Desarrollo y Fundecooperación mediante una inversión cerca a los ¢4.267 millones.

El programa ya ha sido puesto a prueba en Tierra Blanca de Cartago, donde pequeños productores usan tecnología de precisión, sistemas de riego por goteo, sensores para medir humedad gravimétrica, temperatura y conductividad eléctrica, tensiómetros y lisímetros de succión de humedad, sensores volumétricos para cuantificar el consumo de agua, coberturas muertas o acolchados del suelo y manejo eficiente de la densidad de siembra. (párr. 3-5)

De igual forma por medio de un comunicado, Presidencia.go.cr (2020) explica con mayor amplitud y detalle en qué consiste este proyecto y cómo se llevará a cabo:

En detalle, el uso de esta tecnología de precisión será replicable en todas las regiones del país de manera escalonada:

Fase 1: Se escalará a la Región Chorotega y en la Región Brunca con productos hortofrutícolas.

Fase 2: Se escalará a las otras regiones del país en productos hortofrutícolas, granos y raíces y tubérculos.

Fase 3: Se espera ampliar su aplicación con nuevos módulos y cultivos no tradicionales en todas las regiones.

Las entidades están en disposición de aportar una inversión de ¢4.267 millones en tres componentes:

Producción sostenible y agregación de valor. Transformación de los procesos productivos y la industrialización de los productos como medio para generar nuevas alternativas mediante la incorporación de paquetes tecnológicos y análisis de laboratorio vinculados a los módulos de producción.

Desarrollo de herramientas geotecnológicas. Desarrollo de modelos tecnológicos que apliquen técnicas de agricultura de precisión para el seguimiento, monitoreo, análisis de datos, alertas tempranas y sistemas para la vinculación comercial de los módulos productivos.

Adaptación al cambio climático. Transformación de los módulos productivos mediante un modelo basado en agricultura de precisión que incorpore sistemas de riego, nutrición, protección y rendimiento, que a su vez incida en un aumento de la capacidad productiva y la resiliencia al cambio climático.

Como segundo componente de este proyecto, se tiene la Certificación en Buenas Prácticas Agrícolas y Trazabilidad que pretende introducir valor agregado, mejor comercialización y oportunidades de mercados externos, así como, fortalecer los controles en materia de inocuidad, calidad, plagas y enfermedades, para minimizar los riesgos de contaminación en los vegetales que se destinan al consumidor nacional.

Finalmente se trabaja en el Desarrollo Geo-Tecnológico, que incluye el repositorio central de geo datos de información agropecuaria que propiciaría las infraestructuras de datos para la aplicación móvil para el agricultor, para los técnicos y para los consumidores. (párr. 8-11)

Existen importantes áreas en las que se debe trabajar en el campo agrícola para beneficio de los productores y estos son las brechas tecnológicas que existen hacia las zonas rurales. Castro (2020) señala una iniciativa que se crea con el propósito de disminuir estas brechas tecnológicas y apoyar a los productores y exportadores a tener acceso a tecnología a costos razonables:

Unas 20 mujeres trabajaron en el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) para dar solución a problemas de sus comunidades mediante tecnologías geoespaciales.

La actividad fue organizada por la Escuela de Geografía de la Universidad de Costa Rica, el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica y el IICA, el Rally Femenino de Tecnologías Geoespaciales.

Como resultado del encuentro, se diseñaron 10 proyectos, entre ellos, aplicaciones para el monitoreo de pasturas y la comercialización de frutas, una alarma para evitar el robo en fincas, un programa para incrementar la biodiversidad de especies nectaríferas polinizadoras y sistemas para una gestión eficiente del agua para riego.

Esto mediante la utilización de sistemas basados en arduinos que permiten programar herramientas simples a un bajo costo, elemento clave para la democratización de la tecnología en territorios rurales. (párr.1-4)

En la Conferencia de Ministros de Agricultura de las Américas en el 2021, se inauguró un importante proyecto el cual fue llevado a cabo gracias a la colaboración de empresas e instituciones tanto del sector privado como del sector público. “Autoridades de gobierno y sector privado pusieron en marcha ayer este moderno proyecto, ubicado en las instalaciones del IICA en Coronado.” (Castro, 2021, párr. 1) Castro (2021) comenta en que consiste esta importante iniciativa:

Se trata de una iniciativa que busca enseñar e incentivar la agricultura a través de inteligencia artificial, Internet de las Cosas, aplicaciones 3D, la robótica y otras tecnologías.

El proyecto impulsado por el IICA en alianza con Microsoft, Bayer y Lego cuenta con varias estaciones de muestra, en los que firmas del sector privado exponen los distintos usos de sus innovaciones.

En el lanzamiento del Centro, Manuel Otero, director general del IICA, explicó que el Centro es parte de las transformaciones que el Instituto impulsa para brindar una cooperación técnica basada en la digitalización, más innovadora y cercana a sus beneficiarios y contrapartes en las Américas, con la que pretende potenciar la agricultura y el desarrollo rural en la región. (párr. 2- 4)

En el 2021 el gobierno empezó a impulsar el conocimiento sobre la agricultura 4.0 por medio de capacitaciones para los productores, enfocadas en tecnologías basadas en el internet de las cosas. Navarro (2021) se refiere a esta iniciativa así:

Este 28 de julio finaliza la etapa 2 de la convocatoria Agro Innovación 4.0 – FITTACORI, que promueve el Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones (Micitt) de Costa Rica para capacitar a pequeños y medianos agricultores en agrotecnología basada en Internet de las cosas (IoT).

La convocatoria se dividió en dos etapas: la primera integró un registro de proveedores para desarrollar un programa de Capacitación y Transferencia Tecnológica en Agricultura de Precisión, y la segunda etapa busca que grupos de agricultura familiar, inscritos en el Sistema de Información para el Registro de Pequeños y Medianos Productores Agropecuarios (Pympa) realicen actividades de capacitación en su parcela productiva.

La ayuda financiera no reembolsable por solicitud es de 14 mil 647 dólares; el monto abarca capacitación, material didáctico, soporte y continuidad de la transferencia de conocimiento, incluyendo tres años de almacenamiento de datos y el kit IoT. La capacitación deberá de concluir a más tardar el 31 de marzo de 2022.

Las capacitaciones contemplan principios de riego para agricultura de precisión, sensores IoT de riego para agricultura de precisión, principios de agroclimatología y sensores IoT climatológicos para agricultura de precisión, sistemas de redes para agricultura de precisión usando tecnologías IoT basadas en el protocolo de telecomunicaciones LPWAN, y tecnologías de producción agropecuaria con el uso de sensores IoT y su aplicación en sistemas de riego. (párr. 1-4)

Barreras para la implementación del Internet de las Cosas (IdC) en la producción del sector azucarero costarricense

El sector agrícola costarricense representa una de las áreas más importantes y antiguas para el país, como menciona, Umaña (2020) A pesar de que la agricultura es una “de las principales fuentes de empleo en Costa Rica, el sector es parte de las raíces del país. Sin embargo, para los trabajadores de la tierra, ha sido una de las actividades económicas más descuidadas por las políticas nacionales.” (párr.1)

Esto se puede observar en los desafíos que los productores agrícolas deben afrontar el día tras día. Estas dificultades ralentizan la evolución tecnológica en la agricultura. Nuevamente, Umaña (2020) se refiere a lo anterior:

Varios actores del sector coinciden en los retos que enfrenta actualmente la actividad económica, que en resumen se podrían dividir en grandes temas como el financiamiento, el cambio climático, el difícil salto a la agricultura de precisión, y rezago en nuevas moléculas de agroquímicos e intermediarios.

Según la Encuesta Continua de Empleo del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), para el I trimestre de este año alrededor de 270.000 personas se dedicaban a la actividad primaria de agricultura, ganadería y pesca. Eso significa unas 9.000 menos en comparación con los primeros tres meses del 2019. (párr. 4)

Por tanto, se espera que la agricultura de precisión, con la implementación del internet de las cosas se convierta pronto en una realidad para afrontar con éxito el reto de obtener niveles de producción suficientes y con un impacto mínimo en el medio ambiente, y asegurar alimentos para la sociedad del futuro. Sin embargo, a pesar de su utilidad y popularidad, todavía tiene algunos obstáculos importantes por superar, antes de que sea eliminar ampliamente utilizado y aceptado por una industria que es muy reacia ante el cambio. A continuación, se mencionarán con más detalle algunas de estas barreras.

Financiamiento

Muchas veces para la implementación de este tipo de tecnología en los cultivos y distintas áreas del sector agrícolas, se deben adquirir equipos especializados, los cuales tienen un costo

económico bastante alto. Por esta razón, los productos necesitan de planes de financiamiento que adquieren con los bancos para poder adquirir estas herramientas y así reactivar la economía agrícola. Según menciona Umaña (2020):

Uno de los problemas más serios a los que se enfrenta el agro es el escaso financiamiento y las altas deudas, que no les permite invertir en instrumentos que promuevan cultivos más eficientes.

Guido Vargas, secretario general de la Unión de Pequeños y Medianos Productores (Upanacional), aseguró que el sector tiene un arrastre de deudas que les dificulta aún más la reactivación económica. El grupo asegura que se necesita una adecuación de la deuda a largo plazo para el sector agro, con intereses que vayan acorde a la actividad agrícola. (párr.6)

Asimismo, como Umaña (2020) menciona que las políticas antiguas de los gobiernos pasado de “1990 al 2014 pusieron de rodillas a las personas productoras de Costa Rica; por tanto, el crédito para el agro ha caído del 10% a menos del 3% del total del crédito que se otorga a nivel nacional” (párr. 11) debido a esto y a las particularidades del sector, que posee ciclos productivos más largos, estos requieren de programas bancarios distintos con el propósito de que puedan utilizar nueva tecnología, de esta forma agilizar su producción y su economía. Lo que ayudaría a que puedan honrar sus compromisos a tiempo.

Falta de capacitación

La tecnología de precisión posee muchísimos beneficios para el ser humano, además es mucho más amigable con el medio ambiente, ya que proporciona más rentabilidad para las cosechas, permite un ahorro de agua, así como menos utilización de productos químicos dañinos para los suelos. Sin embargo, para poder implementar estas tecnologías se requiere de capacitaciones para los agricultores y asistencia técnica. Umaña (2020) reafirma que:

No obstante, la dificultad para acceder a las tecnologías se entrecruza con otro de los retos: el poco financiamiento al sector. Ese, es el principal obstáculo, aunado a la escasa capacitación para el uso de dichas tecnologías.

El jerarca del MAG aseguró que trabajan en diversas iniciativas para la transferencia tecnológica y mejoramiento de las semillas, que permitan siembras más productivas. Para

esto, se han hecho varias alianzas con colegios técnicos para el mejoramiento y capacitación del uso de las tecnologías, así como los programas NAMA, que trabajan con varias fincas del país en la búsqueda de prácticas eficientes y amigables con el ambiente. (párr. 16)

Esta poca información o falta de capacitación tecnológica retrasa la adopción del internet de las cosas en el sector agrícola, ya que existe la posibilidad de que cuando se les mencione a los productores temas relacionados con el “big data”, monitorización en tiempo real o se les diga qué pueden hacer o no con el IdC y los sensores, no entenderán las posibilidades que ofrece y no estarán dispuestos a invertir en algo de lo que no tienen claro en cuanto a sus beneficios.

Baja señal de cobertura de internet

La principal herramienta para poder implementar el IdC en cualquier proceso productivo es el internet, de no ser así, los registros y análisis de datos se darán de forma muy lenta lo cual ralentizará los procesos de cosecha en vez de aportar beneficios y agilizar la actividad. Por esta razón, es importante resaltar que en Costa Rica las zonas rurales no tienen en su mayoría la mejor cobertura de internet. Fernández (2020) menciona lo siguiente

Está el tema evidente de las limitaciones de cobertura de red y que puede retardar la implantación de esta tecnología en muchos lugares. El 85% de la población del mundo está cubierto por red móvil. Sin embargo, la cobertura se centra mayoritariamente en zonas urbanas densamente pobladas, dejando a las localidades rurales, donde se aposenta el negocio agrícola, sin señal de internet. (párr. 5)

Altos Costes

A pesar de que el internet de las cosas presenta muchos beneficios para las empresas agrícolas, se debe de tomar en cuenta que comprar estos equipos tecnológicos usualmente requieren de una inversión grande. En Costa Rica resulta un poco difícil conseguir este tipo de equipo especializado, por lo cual se debe importar de otros países lo que aumentaría el costo a la herramienta. Por tanto, esto se convierte en otra barrera importante para los productores, especialmente, para las pequeñas empresas. Fernández (2020) comenta lo siguiente:

Otro obstáculo a tener en cuenta, quizás el más importante, es el alto coste que todavía hoy supone para el pequeño agricultor la implantación de esta tecnología. Dependiendo del tipo de uso que se pretenda, los sensores pueden costar cientos de dólares, lo que requiere de una gran inversión inicial a menudo fuera del alcance de pequeñas operaciones agrícolas. Incluso para las grandes explotaciones, donde puede ser necesarios cientos o incluso miles de sensores, el desembolso inicial de capital es significativo. (párr. 6)

Como se menciona anteriormente, a la hora de optar por la implementación del implementar el Internet de las cosas, el alto costo puede significar un problema u obstáculo, porque el desarrollo de esta innovación requiere muchos requisitos técnicos y avances que aún no se han completado en la actualidad. Sin embargo, la aplicación Cosas ha hecho posible para los agricultores empezar a adquirir esta herramienta y los medios, la aparición de nuevos sensores y drones de bajo costo relacionados con el Internet de las de cultivo ahora pueden utilizar estas tecnologías y las ventajas competitivas resultantes.

Por último, Cordero (2021) menciona con respecto de los costes de las herramientas, lo siguiente:

Por encima del costo de la maquinaria y otras tecnologías, el obstáculo es la falta de claridad del retorno de la inversión, en cómo utilizarlas en los cultivos y sobre sus beneficios. Superar estas barreras, especialmente, entre pequeños productores es la misión asumida por entidades como el IICA y los proveedores locales. Cada vez más la tecnología permite realizar soluciones más asequibles.

Las empresas e instituciones insisten en las posibilidades de adaptar los costos de las soluciones al nivel de los pequeños productores. “La agricultura digital presenta la oportunidad de ofrecer soluciones a la medida de las necesidades y adaptable a los presupuestos. (párr. 13)

Riesgos de seguridad en dispositivos de IdC

Como se ha detallado a lo largo de la investigación, el internet de las cosas tiene muchos usos, que pueden producir grandes beneficios, desde la productividad de la fábrica, el cultivo de alimentos, la seguridad e incluso la vida diaria. Sin embargo, aún enfrenta importantes desafíos, como la seguridad de los equipos y sus conexiones, y como garantizar la tranquilidad a los

clientes de que su información será resguardada de forma segura. De igual forma, la inseguridad que generan la calidad de los productos creados en masa. En palabras de Molina (2020):

Según ISOC, son varios los riesgos a los que se exponen los consumidores de productos de IoT. Para empezar, la homogeneidad de algunos dispositivos, ya que al ser fabricados en grandes volúmenes una falla de seguridad puede ser replicada en masa. Adicionalmente, la larga duración de los equipos creados se vuelve otro problema de seguridad, ya que muchos de ellos superan la vida útil normal de los sistemas y productos de alta tecnología e inclusive pueden tener utilidad más larga que la empresa que los creó, por lo que los mecanismos de seguridad empleados en el momento de su lanzamiento pueden volverse obsoletos.

La dificultad de actualización del software de los dispositivos también se vuelve una vulnerabilidad, ya que muchas veces esta tecnología está diseñada para no ser actualizada. Otro problema de seguridad es la escasa visión que tiene un usuario de lo que realmente está ejecutando un dispositivo, ya que puede creer que un reloj inteligente solo está recolectando información de los pasos que camina y enviándolos a su celular, pero puede que esté ejecutando otras tareas como recolectar esa información para compañías relacionadas al deporte o a la salud. (p. 395)

Otra importante problemática acerca de la seguridad del usuario se relaciona con el tamaño y la visibilidad de los aparatos, ya que algunos de estos poseen un tamaño considerable y se exponen a robos en las instalaciones, además que cada instrumento tiene un costo elevado. Debido a esto se debe tomar en cuenta tener el dispositivo en bajo seguridad según la información importante que este posea. Como Molina (2020) lo explica: “ya que varios de estos son visibles y de fácil manipulación, por lo que según lo sensible de la información o del proceso que controle un dispositivo de IoT, se debe tener protección adicional para evitar robos.” (p. 396)

Además de los problemas de seguridad, el Internet de las cosas también tiene riesgos relacionados con la privacidad de los datos, porque muchas veces los usuarios finales no saben qué datos se recopilaron realmente y con quién los compartió. Generalmente, al obtener productos basados en esta tecnología, no existen términos y condiciones que indiquen que los usuarios acuerdan expresamente recopilar o utilizar su información para diversos fines, incluso solo para fines de almacenamiento. Esto significa que la privacidad de los datos debe garantizarse desde el diseño del dispositivo. Tal como, lo expresa Molina (2020):

Los dispositivos de IoT recolectan una gran cantidad de información; esta puede ser muy sensible ya sea para una persona o para una empresa. Como la mayor parte de los artefactos conectados a la red pueden ser vulnerados, se puede robar la información recolectada por los dispositivos o manipular los mismos, es muy importante que se asegure que los dispositivos de IoT cuentan con los estándares de seguridad necesarios para evitar que sean “hackeados”.

En el tema de privacidad de los datos hay que destacar que en Costa Rica existe la ley 8968 Protección de la persona frente al tratamiento de sus datos personales en donde se le da un respaldo legal a la figura de la autodeterminación informativa que reconoce el derecho de una persona a controlar el flujo de informaciones que le conciernen. No obstante, hacer cumplir esta ley se vuelve realmente difícil cuando el dispositivo que recoge la información de una persona no tiene una interfaz, para solicitar el debido consentimiento informado de cuál será el uso, almacenaje y posibilidades de eliminar esta data. (p. 394-396)

Efectos de la implementación del Internet de las Cosas (IdC) en las exportaciones del azúcar desde Costa Rica.

Los ingenios en Costa Rica han empezado a implementar el internet de las cosas en sus procesos tanto productivos como para exportaciones, en la actualidad estos lo utilizan para el monitoreo de suelos, clima, enfermedades, riego y productividad, entre otros. La tecnología de Internet de las cosas se utiliza cada vez más en el sector agrícola, especialmente debido a los requisitos de calidad y trazabilidad de los cultivos exportados, así como menciona Cordero (2019):

En el agro se utiliza IoT en el monitoreo de suelos, clima, humedad, temperatura y lluvia, entre otros, para generar datos y alertas de enfermedades en los cultivos. Además, permite la gestión de los cultivos, las cosechas y la distribución. También se monitorean y gestionan los procesos de irrigación, tanto en sistemas de riego por goteo como por desnivel o aspersión.

En el ingenio El Viejo desde hace tres años se aplica IoT en el riego de los cultivos, usando sensores que se entierran en el suelo para obtener datos de humedad. De esta forma se ve cuánta agua es necesaria y se evita el desperdicio en una región como la Chorotega, donde su disponibilidad es crítica.

Con los sensores también se obtienen datos de otras variables climatológicas que se correlacionan con la información de producción para determinar proyecciones del comportamiento de los cultivos en años lluviosos y en años secos. (párr. 10-13)

Para que la implementación del internet de las cosas sea eficiente se debe tomar en cuenta tanto las necesidades de los cultivos como las necesidades de los consumidores, de esta forma se centrará en agilizar las áreas que vayan a generar mayores beneficios para la empresa. Para esto “se requiere tener una cultura de datos y de experimentación, de saber equivocarse y mejorar, dejando de lado las métricas añejas y sin que los sistemas de auditoría y control se conviertan en obstáculos.” (Cordero, 2020, párr. 15)

El internet de las cosas tiene un área muy amplia en las que se puede utilizar en el sector agrícola Cordero (2020) menciona lo siguiente acerca de la implementación de estas tecnologías en Costa Rica:

Entonces pensaron en sensores de recolección de información. Empezaron con sensores para mediciones de agua, un insumo indispensable para los cultivos.

En este caso enfrentaron varios retos: costo, conectividad y el suministro de energía para los sensores. Realizaron pruebas de microcontroladores que fueran resistentes al agua, al sol y al polvo, los cuales tenían un costo cinco veces menor que al sensor de mercado. No fallaron.

Actualmente la empresa está planeando ampliar el uso de los sensores. La idea es pasar de un análisis descriptivo a un análisis predictivo, sin perder de vista “cómo producir más azúcar” y mejorar los procesos. (p. 20-23)

La implementación del internet de las cosas proporciona grandes beneficios a las exportaciones de sector azucarero costarricense, ya que al agilizar los procesos y tomar en cuenta las necesidades de su mercado meta, se puede mejorar la calidad del producto para los estándares del consumidor y, asimismo, mejorar los tiempos de entrega y lograr una mejor relación con sus compradores. Molina (2020) lo reafirma lo siguiente:

Entre los beneficios que se han constatado de la aplicación de este tipo de agricultura están: La disminución de costos e insumos en el proceso de cultivo, en los tiempos de trabajo, aumento de la productividad, aumento de la rentabilidad, sustentabilidad en el proceso de producción, optimización del consumo de agua y abonos, previniendo e impidiendo acciones contaminantes de distinto tipo, generación de productos sanos y de bajo costo. (p. 385)

La implementación del internet de las cosas en los procesos de producción y de exportación del sector azucarero también se conoce como la utilización de tecnologías 4.0. Estas por medio de distintas iniciativas por parte del sector privado y público se han empezado promocionar e incentivar su uso en distintos sectores de exportación. “Las tecnologías de Agricultura 4.0 ya se utilizan en compañías de grandes extensiones y de agroexportación con avances y resultados calificados como interesantes. El reto es su adopción entre pequeños productores, especialmente en economías de subsistencia.” (Cordero, 2021, párr. 6)

De igual forma Cordero (2021) explica lo beneficioso que sería su implementación para la economía y de qué forma se vería reflejado con el siguiente comentario:

En Costa Rica se contaría con condiciones de conectividad a Internet, educación digital y cultura agroempresarial, políticas y marco regulatorio, y programas de transferencia tecnológica e innovación. Hay también un amplio ecosistema de proveedores de biotecnología, apps y soluciones basadas en IoT, big data y blockchain, así como entidades de apoyo. La tarea es mejorar esas condiciones, actualizar perfiles técnicos y profesionales y que las tecnologías sean atractivas. (párr. 8)

La maquinaria que existe hoy se puede utilizar en casi todos los procesos importantes de la producción y exportación de azúcar, ya que estas cada vez son más digitalizadas y hacen más eficiente la producción. En palabras de Cordero (2021) las herramientas más utilizadas son las siguientes:

Actualmente se incorporan sistemas de geolocalización (GPS), monitores y piloto automático para trazar surcos, sembrar, aplicar insumos, abonar y cosechar. Para estas labores se usan los parámetros gestionados en la computadora y *app* móvil, así como un controlador que enlaza al subsolador, rastra, brazo de rociado, abonadora o cosechadora que se instale en el tractor. Además, se pueden usar aplicaciones de gestión financiera, cronograma de insumos y de datos meteorológicos, entre otras.

Los equipos se pueden monitorear, además, con redes móviles de tercera o cuarta generación (3G o 4G), de forma que se obtienen datos de ubicación, velocidad, combustible, diagnósticos preventivos, fallas mecánicas y reportes. El resultado serían cultivos homogéneos, mayor precisión y productividad, y menor gasto y desperdicio.

Las aplicaciones de mayor uso son de las condiciones atmosféricas, del suelo y de gestión de riego, que permiten reducir el uso, bombeo y trasiego de agua y los costos de

traslados e inspección manual. Los datos (humedad, velocidad, viento, precipitación, radiación, flujo de caudales de campo y nivel de pozos) son transmitidos desde un sensor instalado en el suelo a antenas ubicadas a hasta 20 kilómetros mediante redes de radiofrecuencia de largo alcance (SigFox o LoRa). (párr. 10-12)

Como lo expone el autor, el 4.0 de la agricultura 4.0 se desarrolla por medio de distintos proyectos e iniciativas, con fuerza, en Costa Rica. Esto con el objetivo de impulsar al pequeño, mediano y grande productor a innovarse en procesos productivos y de exportación. La utilización de estas herramientas fomenta la agilidad y eficiencia en los procesos lo que apoya al sector a producir mayor producto y de mejor calidad, por ende, mayores ganancias monetarias en sus ventas y exportaciones.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

Enfoque

La siguiente investigación tiene como objetivo estudiar la aplicación del Internet de las Cosas (IdC) en las exportaciones del sector azucarero costarricense para el 2020, a través de un enfoque cualitativo. La decisión de este enfoque se debe a que, el rumbo del proceso investigativo se lleva a cabo por medio de una serie de estudios relacionados con la utilización de tecnología de precisión en la agricultura costarricense, así como visiones y proyecciones de especialistas en el tema. Para obtener los datos se usaron interrogantes, que posteriormente, analizar la información obtenida.

Hernández y Mendoza (2014) mencionan en su libro Metodología de la Investigación, 6ta. Edición lo siguiente sobre el enfoque cualitativo:

El término cualitativo tiene su origen en el latín "qualitas", el cual hace referencia a la naturaleza, carácter y propiedades de los fenómenos (Niglas, 2010). Con el enfoque cualitativo también se estudian fenómenos de manera sistemática. Sin embargo, en lugar de comenzar con una teoría y luego "voltear" al mundo empírico para confirmar si esta es apoyada por los datos y resultados, el investigador comienza el proceso examinando los hechos en sí y revisados estudios previos, ambas acciones de manera simultánea, a fin de generar una teoría que sea consistente con lo que está observando que ocurre. (p.7)

Este enfoque utiliza planteamientos más abiertos que se enfocan en los procedimientos que se requieren, y la información se extrae de ambientes más naturales, gracias a esto la investigación puede ser más amplia, ya que, al ser un enfoque cualitativo, se puede dirigir en distintas direcciones y mostrar datos de la investigación no conocidos. Este enfoque ayuda a perfeccionar los resultados obtenidos, para lograr el fin propuesta en la investigación.

Diseño

El diseño de esta investigación definirá el proceso que se llevará a cabo para la obtención de las respuestas a los objetivos o hipótesis realizadas en el planteamiento del problema. Esta estrategia permite encontrar una mejor guía, en cuanto a lo que se planteó para obtener los resultados que se requieran. La forma en la que se formule este plan favorecerá el obtener una mejor respuesta a los objetivos planteados.

Según Hernández y Mendoza (2018) en su libro sobre la investigación, mencionan lo siguiente:

Si el diseño está concebido cuidadosamente, el producto final de un estudio (sus resultados) tendrá mayores posibilidades de generar conocimiento. Y no es lo mismo seleccionar un tipo de diseño que otro: cada uno tiene sus características, como se verá más adelante (p.128).

El desarrollo de esta investigación se basa en un paradigma naturalista, de carácter fenomenológico. Los enfoques del estudio son los siguientes: el diseño fenomenológico y la investigación-acción. Según Hernández y Mendoza (2018) el fenomenológico “Su propósito principal es explorar, describir y comprender las experiencias de las personas respecto a un fenómeno y descubrir los elementos en común de tales vivencias” (p.548) Seguidamente, Hernández y Mendoza (2018) mencionan que:

La finalidad de la investigación-acción es comprender y resolver problemáticas específicas de una colectividad vinculadas a un ambiente (grupo, programa, organización o comunidad) (Creswell y Creswell, 2018; Mertler, 2017; Adams, 2010; The SAGE Glossary of the Social and Behavioral Sciences, 2009; Merriam, 2009; Greenwood y Maguire, 2003 y Álvarez-Gayou, 2003), frecuentemente aplicando la teoría y mejores prácticas de acuerdo con el planteamiento (p.552)

Fuentes

Según Hernández y Mendoza (2018) en su libro sobre la investigación, mencionan lo siguiente respecto de las fuentes:

Existe una gran variedad de fuentes que pueden generar ideas de investigación, entre las cuales se encuentran las experiencias individuales, materiales escritos (libros, artículos de revistas o periódicos, notas y tesis), materiales audiovisuales y programas de radio o televisión, información disponible en internet (en su amplia gama de posibilidades, como páginas web, foros de discusión, entre otros), teorías, descubrimientos producto de investigaciones, conversaciones personales, observaciones de hechos, creencias e incluso intuiciones y presentimientos. (p.26)

Las fuentes de información proveen los datos necesarios para satisfacer el conocimiento requerido. En este trabajo se utilizaron fuentes primarias y secundarias como sustento teórico y metodológico del trabajo, lo que permitió la ampliación de conocimiento respecto del tema y la

recopilación de los datos necesarios para el desarrollo de esta labor investigativa. Y de esta forma, ofrecer la mejor respuesta a los interesados en el tema.

Fuentes primarias

Como fuentes primarias, se encuentran las personas que brindarán la información para este proceso investigativo, como los funcionarios públicos, expertos en el tema, productores azucareros, entre algunos. Todas estas personas serán entrevistadas, para aprovechar su conocimiento en este tema. Sus respuestas se categorizarán, procesarán y sintetizarán para lograr el mejor análisis de sus conocimientos y brindar valor agregado a esta investigación.

Fuentes secundarias

Las fuentes secundarias serán los libros, informes técnicos e investigaciones que proporcionarán información fundamental a lo largo del estudio, asimismo se utilizó la información brindada por sitios de internet. Según Hernández y Mendoza (2018):

Implica la revisión de documentos, registros públicos y archivos físicos o electrónicos. Por ejemplo, si nuestra hipótesis fuera: "la violencia manifiesta en la Ciudad de México es mayor que en la ciudad de Bogotá"; entonces acudiríamos a las alcaldías de las urbes para solicitar datos relacionados con la violencia, como número de asaltos, violaciones, robos a casa-habitación, asesinatos, etc. (datos generales, por distrito y habitante). También obtendríamos información de los archivos de los hospitales y las diferentes procuradurías o cuerpos policíacos. Un caso de una investigación cuyo método de recolección se fundamentó en datos secundarios fue el que a continuación se comenta. (p.291)

Muestra

La muestra se conoce como el conjunto de individuos que coinciden con las características específicas con el fin con el tema de investigación y su objetivo. En este trabajo se tomaron en consideración personas como funcionarios de instituciones y empresas capacitados en temas tanto de tecnología como de producción y exportación de azúcar. Estos han desempeñado papeles importantes en el campo del sector azucarero costarricense, por lo tanto, se encuentran calificados para aportar información pertinente para esta investigación.

Según Hernández y Mendoza (2018):

Como explican Creswell y Creswell (2018), Flick (2013), Savin-Baden y Major (2013) y Miles y Huberman (1994b), el muestreo cualitativo está normalmente orientado por uno o varios propósitos. Las primeras acciones para elegir la muestra ocurren desde el planteamiento mismo y cuando seleccionas el contexto, en el cual esperas encontrar los casos o unidades de muestreo que te interesan. En las investigaciones cualitativas te cuestionas qué casos requieres inicialmente y dónde puedes encontrarlos. Las unidades de muestreo pueden ser obviamente personas, pero también animales u otros seres vivos. Asimismo, Lofland et al, (2005) proponen otras unidades, las cuales te comentaremos brevemente. Hay que añadir que estas van del nivel individual al social (p.426)

En la tabla siguiente, se presentan las instituciones seleccionadas para la muestra y la razón específica de su respectiva elección.

Tabla 4
Elementos seleccionados como muestra de la investigación

Entrevistado	¿Dónde?	¿Por qué?
1	PROCOMER	Promotora pública-privada de comercio, y las empresas nacionales para la exportación.
2	Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)	Ente público no estatal, con facultades públicas y privadas en el que convergen productores e ingenios.
3	Azucarera El Viejo	Ingenio ubicado en La Guinea de Filadelfia, Guanacaste. Productores de caña de azúcar.
4	CoopeVictoria	Ingenio productor y exportador de caña azúcar.
5	CoopeAgri	Ingenio productor y exportador de caña azúcar.

6	Finca Virgilio Galeano	Finca productora de caña de azúcar
7	Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI)	Favorecer y promover el intercambio tecnológico entre los diferentes sectores que conforman la agroindustria azucarera costarricense.
8	Ingenio Taboga	Ingenio productor y exportador de caña azúcar.

Nota: Elaboración propia de la investigadora (2021)

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión

- Empresas, organizaciones o personas directa o indirectamente relacionadas con el sector azucarero.
- Empresas u organizaciones que se dediquen a la producción de caña de azúcar y azúcar para la exportación.
- Empresas productoras de azúcar que implementen o deseen implementar el internet de las cosas en procesos productivos y de exportación.

Criterios de exclusión

- Empresas u organizaciones que utilicen el internet de las cosas pero que se dediquen a la producción de piña o café.
- Empresa, organizaciones u ingenios que no produzcan azúcar para la exportación

- Empresas que tengan menos de cinco años de experiencia en el mercado de azúcar.

Unidad de Análisis

Se conoce como Unidad de Análisis aquellos distintos elementos en los que se clasifican los datos adquiridos y la información mediante entrevistas realizadas, es decir, se precisa determinar las personas a quienes les serán aplicadas las preguntas para obtener la información deseada.

Tabla 5
Unidades de Análisis

Objetivo	Categoría de análisis	Subcategoría	Definición conceptual	Instrumento	Ítem
Investigar las iniciativas que existen en Costa Rica para la implementación del Internet de las Cosas (IdC) en el sector azucarero	Iniciativas	1. Desconocimiento 2. Acercamiento al pequeño productor 3. Iniciativas de conectividad 4. Laboratorios de investigación	Según el Ministerio de agricultura y ganadería (2018) Se considera que las actividades agropecuarias y del medio rural deben garantizar los ingresos necesarios, para que las familias	Cuestionario o Entrevista	1, 2, 3.

			productoras tengan una vida digna, como motores de desarrollo de las comunidades rurales y, además, deben recibir el reconocimien to social por producir alimentos saludables para toda la población, así como su contribución con la generación de divisas, empleo y la paz social en el agro y del país. (p.9)		
			La política	Cuestionari	4, 5,

Determinar las principales barreras para la implementación del Internet de las Cosas (IdC) en la producción del sector azucarero costarricense.	Barreras	1. Capacitación 2. Costos 3. Cobertura de Internet 4. Financiamiento 5. Inseguridad 6. Brechas tecnológicas	comercial tiene como propósito reducir todas las barreras comerciales. Estas barreras se conocen como todas las medidas que limitan el comercio internacional.	o Entrevista	6.
Explicar los efectos de la implementación del Internet de las Cosas (IdC) en las exportaciones del azúcar desde Costa Rica.	Implementación del Internet de las Cosas	1. Herramientas agrícolas 2. Monitoreo de cultivos 3. Tomar decisiones en tiempo real 4. Aumentar sostenibilidad 5. Aumento en las exportaciones	El Internet de las cosas (IdC) es un proceso que permite que los elementos físicos cotidianos se conecten a Internet. Este término hace referencia a todos los sistemas y dispositivos físicos que envían y	Cuestionario o Entrevista	7, 8, 9,10

			reciben datos por medio de sistemas inalámbricos de internet, los cuales poseen poca intervención humana.		
--	--	--	---	--	--

Nota: Elaboración propia con datos de la presente investigación, San José 2021.

Instrumentos utilizados en la Investigación

Cuestionario

Como menciona Hernández y Mendoza (2018):

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, Kirby y Doran, 2016). Debe ser congruente con el planteamiento del problema e hipótesis (Brace, 2013). (p. 250)

Para esta investigación el cuestionario se utilizó como apoyo para la recopilación de datos. Al ser la investigación de tipo cualitativa, las preguntas realizadas fueron abiertas, esto con el fin que las personas entrevistadas pudieran contestar las interrogantes y, a su vez, pudieran también extendieran con libertad, al aportar lo que consideren relevante para la investigación.

Entrevista

La entrevista será el medio por el cual se aplicará el cuestionario. Según Hernández y Mendoza (2018):

Las entrevistas implican que una persona entrenada y calificada (entrevistador) aplica el cuestionario a los participantes; el primero hace las preguntas a cada entrevistado y anota

las respuestas. Su papel es crucial, resulta una especie de filtro. El primer contexto que se revisará de una entrevista es el personal (cara a cara). (p.269)

El motivo de realizarla de dicha manera es para generar el interés y demostrar la importancia de las respuestas a las preguntas realizadas. Las entrevistas se harán en persona con la muestra de entrevistados, con la intención de registrar sus reacciones, conocimiento del tema, las interrogantes posibles, entre otros aspectos de efectuarlo de esta manera. Estas luego serán transcritas, tabuladas y analizadas.

Proceso para la Recolección y Análisis de Datos

Primero se realizará la recolección de datos, según Hernández y Mendoza (2018):

Recolectar los datos significa aplicar uno o varios instrumentos de medición para recabar la información pertinente de las variables del estudio en la muestra o casos seleccionados (personas, grupos, organizaciones, procesos, eventos, etc.). Los datos obtenidos son la base del análisis. (p.8)

Seguidamente se ejecutará el análisis de dichos datos recolectados.

Al ser una investigación de carácter cualitativo para el análisis de los datos se planteó categorías de análisis basadas en las respuestas que darán los entrevistados, estas se agruparán por similitudes y temas en común. Al mismo tiempo de realizarán análisis al comparar los de las fuentes primarias y secundarias. A partir de este estudio se realizarán las conclusiones de la investigación. Para asegurar la calidad de la información de la investigación se debe contar con una cantidad de categorías para analizar, por esta razón se incluirán varias categorías en función de cada unidad de análisis.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En el siguiente capítulo, se expondrá el análisis de los resultados de esta investigación, los cuales fueron obtenidos mediante las entrevistas realizadas a la muestra seleccionada. Para iniciar se mostrará una tabla, que presenta las unidades y categorías que se derivan de los

objetivos de esta investigación. Luego, se explicarán a profundidad las unidades que nacen de los objetivos y las categorías.

De esta forma en este capítulo se dará detalladamente una descripción y análisis de las categorías que posee la investigación. Este análisis será complementado con la información obtenida de las entrevistas a los expertos. Para finalizar, con una amplia interpretación de los datos, donde se interpretarán todas las categorías en conjunto. Con todo este proceso se desea llegar a darle respuesta al problema de la investigación.

Tabla 6
Unidades y Categorías de Análisis

Objetivos	Unidad	Categorías
Investigar las iniciativas que existen en Costa Rica para la implementación del Internet de las Cosas (IdC) en el sector azucarero.	Iniciativas	5. Desconocimiento 6. Acercamiento al pequeño productor 7. Iniciativas de conectividad 8. Laboratorios de investigación
Determinar las principales barreras para la implementación del Internet de las Cosas (IdC) en la producción del sector azucarero costarricense.	Barreras	7. Capacitación 8. Costos 9. Cobertura de Internet 10. Financiamiento 11. Inseguridad 12. Brechas tecnológicas
Explicar los posibles efectos	Implementación del internet	6. Herramientas

de la implementación del Internet de las Cosas (IdC) en las exportaciones del azúcar desde Costa Rica.	de las cosas	agrícolas 7. Monitoreo de cultivos 8. Tomar decisiones en tiempo real 9. Aumentar sostenibilidad 10. Aumento en las exportaciones
--	--------------	---

Nota: Elaboración propia de la investigadora (2021)

Unidad de Análisis 1: Iniciativas

Se iniciará con la primera unidad de análisis, la cual se enfoca en las iniciativas que existen por parte del gobierno y de entidades estatales para la incentivación de la implementación del internet de las cosas en el sector azucarero costarricense. Se enfatizará en los datos brindados por los entrevistados para luego analizar la información en donde se conocerá los efectos de la implementación de estas tecnologías en el sector en estudio. A continuación, se realizará mención de las categorías mencionadas por los entrevistados con respecto a la primera unidad de estudio:

1. Desconocimiento
2. Acercamiento al pequeño productor
3. Iniciativas de conectividad
4. Laboratorios de investigación

Cada una de estas categorías mencionadas se describirán según los datos mencionados por la muestra de la investigación. Se realizará una comparación de información de los resultados de

los entrevistados, con el fin de obtener resultados sobre cuales teorías de adaptan mejor a la investigación.

Categoría 1: Desconocimiento

Descripción:

El internet de las cosas es una tecnología que se ha venido desarrollado desde hace varios años, sin embargo, en Costa Rica se está implementa y fomenta a los productores a utilizarla recientemente. Por lo tanto, es natural que algunos de los exportadores y productores no estén completamente empapados del tema. En tal sentido, de un tiempo para acá las instituciones, tanto públicas como privadas han tratado de crear programas para impulsar la tecnificación del sector debido a esto, se le consultó a la muestra, en cuanto a, cuáles iniciativas conocían con este objetivo y estos respondieron lo siguiente:

- *“Desconozco de iniciativas estatales”* (Entrevistado #1)
- *“A nivel estatal no conozco ninguna iniciativa”* (Entrevistado #2)
- *“Desconozco si hay iniciativas directamente relacionadas. Sin embargo, sé que el MICITT a través de la Agencia de Promoción de la Innovación podría tener un aporte importante para el sector.”* (Entrevistado #3)
- *“No estoy informado sobre iniciativas gubernamentales, principalmente no enteramos a través de LAICA”* (Entrevistado #5)
- *“No conocemos de muchas iniciativas estatales, solo sabemos de algunas ferias que se han realizado donde nos permiten exponer nuestros productos como los drones”* (Entrevistado #8)

Análisis

En los últimos años se han creado bastantes iniciativas para fomentar la implementación de las tecnologías 4.0, por ende, el internet de las cosas. Sin embargo, como se observa según lo que los entrevistados respondieron, en el sector azucarero existen pocos programas dedicados a la ayuda de la tecnificación de este sector en específico y las que existen poseen poco alcance entre los productores y exportadores. PROCOMER (2020) explica lo siguiente sobre un estudio que ellos han realizado para que los productores se puedan empapar más del tema:

De las exportaciones de Costa Rica, el sector agrícola, ocupa el segundo lugar en importancia, con una participación del 24% en el 2019 y un 25% a setiembre del 2020 del total exportado.

Si bien es un sector relevante en las exportaciones, también es de alto riesgo, ya que los productos se pueden ver expuestos a patógenos y otros factores ambientales que afectan la cosecha y con esto la comercialización del producto. La noticia anterior señala cómo, mediante la aplicación de tecnología, se busca mitigar aquellos elementos que a lo largo de los años han afectado la productividad, y de esta manera generar a mediano y largo plazo mayores beneficios. Actualmente, PROCOMER cuenta con un estudio sobre la oferta costarricense de tecnologías 4.0, donde se puede observar el perfil de las empresas nacionales que desarrollan servicios y propiedad intelectual vinculadas a la cuarta revolución industrial. (párr. 3-4)

Este estudio puede ayudar a los productores y exportadores a tener un panorama más amplio de lo que significan estas tecnologías, como pueden ayudar al sector y como pueden beneficiar sus exportaciones. Además, podrá consultar con las empresas que venden estos servicios, sus costos y las diferentes herramientas que le puedan ofrecer, de esta forma empezar a tecnificar el sector de una forma más informada.

Categoría 2: Acercamiento al pequeño productor

Descripción:

En Costa Rica existen muchas fincas de productores pequeños quienes son los que les venden materia prima a los ingenios, estos son los encargados de procesar el producto hasta convertirlo en azúcar, venderlo y exportarlo. Muchas veces la fase de producción de materia prima es muy importante, ya que según la agilidad, rapidez y cantidad que se produzca podría afectar la calidad del producto final. Por esta razón, también es importante utilizar tecnología que beneficie los procesos de producción.

Debido a lo mencionado anteriormente, se demuestra la importancia del acercamiento al pequeño productor. En esta categoría se hace referencia a la parte de la entrevista donde se les consultó cuáles iniciativas consideraban importantes por parte de las distintas instituciones del país encargadas de brindarles apoyo para la implementación correcta del internet de las cosas y poder avanzar con la tecnificación del sector. Algunas de las respuestas que los entrevistados dieron referente a este tema fueron las siguientes:

- *“Nos gustaría que se acerquen a los pequeños productores, ya nosotros somos quienes venden la materia prima a los ingenios y no conocemos del tema”* (Entrevistado #3)
- *“Necesitamos capacitación en los temas tecnológicos y más acercamiento al pequeño productor”* (Entrevistado #4)
- *“Todo se trata con los ingenios, nosotros solo vendemos la materia prima y no tenemos conocimiento sobre los términos”* (Entrevistado #6)
- *“Nos gustaría que se acerquen a nosotros a informarnos sobre el tema, ya que somos pequeños productores y producimos la materia prima”* (Entrevistado #7)

Análisis:

Como se observa según las respuestas de los entrevistados, estos opinan que una de las razones por las que no poseen mucho conocimiento sobre temas de implementación de tecnología en procesos productivos como lo es el internet de las cosas, se debe a la falta de acercamiento que han tenido tanto el sector público y privado al pequeño productor costarricense de materia prima para producir azúcar para exportación.

Existen muchas formas en las que se puede producir caña de azúcar más eficiente usando la tecnología 4.0. Esto provocaría que se den cosechas de caña de azúcar más rápido, más cantidad y de mejor calidad; lo que se vería traducido en una producción y venta de azúcar más eficiente, tanto nacional como internacional. Por este motivo, es tan importante que se tome en cuenta a los pequeños y medianos productores de materia prima, para la promoción, innovación y la implementación de Agricultura 4.0.

Categoría 3: Iniciativas de conectividad

Descripción:

Las iniciativas de conectividad se refieren a un aumento a la calidad de los medios de conexión de las distintas zonas de la región. En palabras de Russo (2021):

La conectividad red es una capacidad de establecer una comunicación o crear un vínculo entre diferentes dispositivos, bien sea a través de dispositivos que se conectan a través de cables como también de manera inalámbrica, siendo una de las formas más comunes en la actualidad. (párr. 1)

Esta categoría nace según las respuestas de los entrevistados, los cuales cuando se les consultó sobre cuales herramientas creen que son necesario que se le brinde y que se les dé más importancia para implementar el internet de las cosas, tanto en los sectores productivos como para las exportaciones, respondieron lo siguiente:

- *“Definitivamente necesitamos iniciativas de conectividad, esto es: internet, redes IOT, entre otros.” (Entrevistado #1)*
- *“Creo que una de las herramientas que los productores necesitan para una mejor estabilidad en la implementación de elementos de I.4.0 en las fincas es un mejor internet para procurar una buena conectividad” (Entrevistado #2)*
- *“Si queremos innovar utilizando el internet de las cosas necesitamos que nos amplíen la cobertura de internet, de otra forma la conectividad entre los aparatos va a ser obsoleta” (Entrevistado #3)*
- *“Considero importante que las empresas de telecomunicaciones mejoren sus servicios de conectividad” (Entrevistado #6)*
- *“La red de conectividad en Costa Rica es bastante mala, especialmente en las zonas donde se encuentran las fincas productoras y los ingenios. Y esto dificulta la tecnificación del sector” (Entrevistado #8)*

Análisis:

De acuerdo con lo que mencionan los entrevistados se puede observar, que ellos demuestran tener la intención de innovar en su área de trabajo con estas tecnologías, sin embargo, solicitan a las instituciones encargadas brindarles las herramientas adecuadas como apoyo. Y una de estas herramientas es el acceso a internet para poder tener un buen funcionamiento de los aparatos entre ellos y de esta forma tecnificar sus fincas lo más rápido posible.

Categoría 4: Laboratorios de investigación

Descripción:

Según las preguntas realizadas a los entrevistados sobre cuáles eran las iniciativas o acciones que necesitan que las instituciones estatales tomen para poder promover la innovación tecnológica en el sector azucarero, estos mencionaron que gustaría de más laboratorios de investigación direccionados al sector de ellos, que les puedan brindar más información y conocimiento sobre estos temas y de esta forma también los ayudaría a para proteger la calidad de su cosecha. Las respuestas que se refieren a esta categoría son las siguientes:

- *“Definitivamente sería muy útil tener laboratorios de investigación que estén brindando información nueva”* (Entrevistado 1)
- *“Sería importante que a nivel estatal se invierta en laboratorios donde se esté en constante investigación sobre como estos aparatos podrían beneficiar a nuestras cosechas”* (Entrevistado #3)
- *“Existen pocos estudios a nivel nacional sobre estos temas, se necesitan investigaciones que nos den tranquilidad para aplicar tecnología nueva”* (Entrevistado 4)
- *“Si el país desea que se desarrolle la agricultura 4.0 en el sector azucarero necesitan invertir en laboratorios de investigación para seguir generando esas herramientas y que estén al alcance de los productores”* (Entrevistado #5)

Análisis:

Costa Rica es un país que está progresando en tecnología, lo cual es sumamente importante, ya que esta herramienta hace que los procesos de todas las áreas sean más eficientes. Por ende, como mencionan los entrevistados es de igual importancia que se invierta en investigación y laboratorios donde se pueda obtener información constante que pueda mejorar los procesos de implementación de estas tecnologías y de esta forma estar en innovación constante.

En el país a partir de este año se inauguró un centro de investigación, especialmente, dedicado a temas de Agricultura 4.0, está ubicado en las instalaciones del IICA en Coronado. Y como menciona Castro (2021) “se trata de una iniciativa que busca enseñar e incentivar la agricultura a través de inteligencia artificial, Internet de las Cosas, aplicaciones 3D, la robótica y otras tecnologías.” (párr. 2)

Unidad de Análisis 2: Barreras

Esta segunda unidad de análisis se refiere, específicamente a las barreras más importantes que enfrentan tanto los productores como el país para la exportación del sector azucarero a nivel internacional. Puesto que estas son las principales causantes de la pérdida de mercado de exportación de azúcar, la razón por la que las instituciones encargadas deben de darle importancia a incentivar la tecnificación de este subsector agrícola, para poder apoyar la reactivación económica costarricense.

Las barreras comerciales se conocen como las “medidas de política comercial que obstaculizan el libre comercio entre países. Pueden ser medidas arancelarias (aranceles) o medidas no arancelarias.” (Organización Mundial del Comercio, 2019, p. 3). Estos obstáculos pueden afectar a los exportadores en gran manera. Gracias experiencia de la muestra consultada se logró obtener categorías que permiten mencionar las dificultades relevantes y el enriquecimiento del análisis de esta investigación, las cuales fueron las siguientes:

1. Capacitación
2. Costos
3. Cobertura de Internet
4. Financiamiento
5. Inseguridad
6. Brechas tecnológicas

Categoría 1: Capacitación

Descripción:

A la hora de consultarle a los entrevistados, cuáles consideran que son las principales barreras o dificultades para implementar innovación tecnológica en el sector azucarero, estos mencionaron que algunas de estas dificultades son la falta de capacitación que existe sobre el tema hacia los productores y exportadores azucareros. Y por esta razón ellos consideran que posee muy poco conocimiento sobre iniciativas, programas, y sobre como implementar el internet de las cosas. Las respuestas que hacen referencia a esta categoría son las siguientes:

- *“De no ser por los profesionales que se contratan en el ingenio para el desarrollo y la implementación del internet de las cosas sería difícil obtener conocimiento por medio de capacitaciones de entidades estatales, solo por medio del sector privado”* (Entrevistado #1)
- *“Se necesita más capacitación para la mano a los dueños de las fincas quienes somos los que producimos la materia prima ya que nosotros no poseemos mucho conocimiento sobre el tema y los términos”* (Entrevistado #3)
- *“Muchos de nosotros no estamos capacitados para poder utilizar este tipo de tecnología, pero nos gustaría mucho aprender ya que creemos que este tipo de innovación nos ayudaría a mejorar nuestra producción y ventas”* (Entrevistado #6)
- *“El sector agrícola es uno de los sectores productivos más importantes en Costa Rica y es muy importante que el sector agro se encuentre en constante innovación para que no se quede rezagado en comparación de otros países, pero antes de empezar a implementar la tecnología, se debe empezar por capacitar a los productores y a los ingenios”* (Entrevistado #7)

Análisis:

Costa Rica es un país que se beneficia mucho del sector agrícola, es uno de sus principales ingresos en exportaciones, por esta razón es de suma importancia implementar la Agricultura 4.0 que se ha estado introduciendo en los últimos años. Sin embargo, como lo comentan los entrevistados, se debe tomar en cuenta que los productores de caña de azúcar ni los dueños de los ingenios son expertos en esta tecnología. Por lo tanto, se debe empezar por ir capacitando a los productores y exportadores para que estos puedan realizar un uso adecuado de la herramienta y también sacar al máximo su provecho.

Categoría 2: Costos

Descripción

Para poder implementar el internet de las cosas se necesita una serie de herramientas e instrumentos que muchas veces es difícil conseguir aquí en Costa Rica, por lo tanto, se deben de importar de otros países y esto puede resultar un poco más costoso para los productores y los exportadores, lo que puede representar gran dificultad para que se pueda empezar a innovar en el sector con la implementación de las cosas.

Esta categoría nace debido a que a la hora de preguntarles cuáles son las mayores dificultades que afronta a la hora de tener que implementar el internet de las cosas en sus producciones u exportaciones, la muestra respondió que los precios de los servicios en algunas situaciones les resultan excesivos y se salen de sus presupuestos. Las respuestas de la entrevista que corresponden a esta categoría son las siguientes:

- *“Una de las principales dificultades tiene que ver con el precio de estos servicios, principalmente el internet, es muchísimo más caro en fincas que en la ciudad, y la mayoría de ingenios azucareras se ubican en fincas.”* (Entrevistado #1)
- *“Estas tecnologías definitivamente requieren de inversión, pues no es algo que cualquier persona (inclusive informática) pudiera hacer usando un 'Excel' o alguna herramienta de*

análisis de datos; es una especialización y como cualquier otra rama profesional tiene un costo, a como una especialidad médica tiene su costo también.” (Entrevistado #3)

- *“Nos gustaría mucho probar estos nuevos métodos que se pueden implementar en los procesos productivos, lo que pasa es que los instrumentos a veces nos resultan un poco caros y nosotros somos pequeños productores lo que significa que se sale de nuestro presupuesto” (Entrevistado #4)*
- *“He investigado un poco sobre la aplicación del internet de las cosas, sin embargo, el costo inicial de implementación es muy elevado sin estar seguros de cuanto seria lo que se nos devolvería de la inversión” (Entrevistado # 5)*

Análisis:

De acuerdo con lo que mencionan los entrevistados los altos costos pueden significar un problema o barrera a la hora de querer optar por implementar internet de las cosas, ya que el desarrollo de esta innovación necesita muchos requisitos tecnológicos y avances que no están completados en la actualidad, lo que representa más gastos en el futuro conforme se desarrollan las nuevas tecnologías y las investigaciones con respecto al tema.

La aplicación de la tecnología en todos los aspectos de la sociedad se ha incrementado, trayendo enormes ventajas en la agricultura y mejorando la calidad y productividad de los cultivos. Ya que los métodos tradicionales de control y seguimiento utilizados en la agricultura son ineficaces y provocan pérdidas de tiempo y costes a los agricultores. Lo que significa que los gastos en pérdidas se pueden ver compensados en una inversión en innovación tecnológica que mitigaría los costos de dichas pérdidas que se puedan dar métodos antiguos de producción.

Categoría 3: Cobertura de internet

Descripción

El internet de las cosas se basa en una buena conectividad, En palabras de Duran (2019):

El internet de las cosas se basa en la múltiple conexión de objetos a una red, por tanto, para que esto funcione de manera correcta es necesario mejorar la conectividad garantizado así el envío de información de las cosas manejando como mínimo tecnología 5G.

Se necesita de personal capacitado en esta área para tener un excelente uso de esta tecnología, actualmente, se debe contar con energía renovable y conectividad 5G para empezar a implementar esta innovación. (p. 7)

Los entrevistados mencionan que en Costa Rica la conectividad es bastante baja e ineficiente especialmente, en zonas rurales que es donde se encuentran la mayoría de los ingenios y fincas productoras, cuando se les consultó sobre las problemáticas que les representa una traba para la implementación del internet de las cosas en sus procesos productivos y de exportación, esta fue de las barreras más mencionadas. Las respuestas brindadas por la muestra fueron las siguientes:

- *“Principalmente creo que podría ser un tema cultural, seguido de la calidad de datos requeridos para poder desarrollar soluciones de IA aplicadas a la producción de azúcar debido a que la calidad del internet es muy baja y lenta, especialmente en zonas donde se encuentran los ingenios y fincas”* (Entrevistado #1)
- *“Se deben de implementar más programas de cierre de brechas tecnológicas para los productores, para que estos tengan más acceso a redes de conexión.”* (Entrevistado #2)
- *“El punto del internet de las cosas significa tener un fácil y rápido acceso a la información tanto en mi dispositivo móvil como en las computadoras. La red nacional dificulta por sí solo el acceso, debido a su mala conectividad. Ya que se pierde el sentido inicial.”* (Entrevistado #4)
- *“Bajo mi experiencia, la conectividad en este país ha sido deficiente, lo cual entorpece cualquier proceso tecnológico que desee implementar que necesite internet.”* (Entrevistado # 5)

- *“Si bien una vez que se tiene la conexión a internet puede no ser tan lento, en las zonas rurales a veces resulta un poco complicado, ya que no hay tantas opciones de disponibilidad de cobertura”* (Entrevistado #7)

Análisis:

A la hora de analizar las opiniones de los entrevistados, se puede observar la dificultad que ellos afrontan con respecto a la cobertura de internet, lo que representa una parte básica del proceso de implementación de internet de las cosas. La muestra menciona que factores como la lentitud del internet y el poco acceso que posee son las principales problemáticas que presentan referentes al tema.

Sin embargo, estas barreras relacionadas con el internet se pueden resumir en el hecho que en Costa Rica existen muy pocas opciones de disponibilidad de cobertura, según mencionó uno de los entrevistados, ya que las torres que brindan los servicios de internet principalmente pertenecen al Instituto Costarricense de Electricidad y estos le venden los servicios de las torres a otras empresas de telecomunicación, implicando que dependiendo de cuál sea el servicio de la compañía que se adquiera y según la cercanía a la finca o ingenio que posea a las torres que pertenecen a esta empresa, así va a ser el nivel conectividad de internet.

Categoría 4: Financiamiento

Descripción

Cuando se les consultó a los entrevistados, cuáles consideran las principales barreras o dificultades para poder empezar la tecnificación del sector azucarero, mencionaron que algunas de estas dificultades es la falta de opciones accesibles de financiamiento que existen en los bancos para los productores y exportadores azucareros, y como se ha mencionado en otra categoría, el precio de inversión de estos servicios de innovación son bastante elevados por lo

que deben recurrir a préstamos de financiamiento. Las respuestas que se refieren a esta categoría son las siguientes:

- *“Sería muy interesante contar con apoyo del gobierno para crear junto con los bancos estatales distintas opciones de financiamiento para adquirir el equipo necesario para implementar internet de las cosas”* (Entrevistado #1)
- *“Se ven afectados directamente por las políticas de financiamiento por lo que debería acompañarse de fondos no reembolsables dirigidos a promover la competitividad del sector.”* (Entrevistado #5)
- *“Debido a la pandemia y al alto costo de los aparatos que se necesitan para darle un uso adecuado a la tecnología, necesitamos mejores condiciones de financiamiento y si fuera posible una banca dedicada al sector agro”* (Entrevistado #7)
- *“Al poseer deudas con intereses muy altos, nos cuesta reactivarnos económicamente como para invertir en nuevos equipos”* (Entrevistado #8)

Análisis

Uno de los problemas más serios a los que se enfrenta el sector agro es el escaso financiamiento, los entrevistados mencionan que los que existen poseen intereses muy altos por lo que adquieren las altas deudas, que no les permite invertir en instrumentos que promuevan cultivos más eficientes. Por lo tanto, esto entorpece el proceso de tecnificar el sector y procurar una reactivación económica a nivel nacional más rápida.

Categoría 5: Inseguridad

Descripción

La información es un elemento muypreciado por parte de las empresas, ya que esta información es la que le da la ventaja competitiva sobre las otras empresas o vendedores. Por esta razón, cuando se les consultó los impedimentos que ellos consideraban relevantes para implementar el internet de las cosas mencionaron que se sentían inseguros a la hora de prestar información importante y confidencial a aparatos que no tenían un total conocimiento de dónde podría terminar esa información. Las respuestas a esta pregunta fueron las siguientes:

- *“Al poseer desconocimiento técnico sobre lo que implica el internet de las cosas, da inseguridad que la información se pueda filtrar o ir a dar a algún lado que pueda perjudicar las ventas de la finca”* (Entrevistado #3)
- *“Existen cuestionamientos sobre quienes son realmente los dueños de los datos y a donde pueden ir a parar, lo que nos hace sentir desconfiados sobre si brindar datos tan importantes a algo en lo cual la verdad no tenemos mucha experiencia”* (Entrevistado #5)
- *“Sería bueno tener más garantía sobre el manejo de la información que va a tener el equipo o la empresa que brinda los servicios”* (Entrevistado #6)
- *“Da susto no tener certeza sobre donde se almacenan esos datos y quienes tienen acceso a ellos, y adquirir ciberseguridad para la protección de la información es costoso”* (Entrevistado #8)

Análisis

Los datos de una empresa son sumamente importantes, ya que esto representa descubrimientos que los ayuda a superarse ante la competencia, así como sus mecanismos únicos de trabajo. Por lo cual es entendible que se sientan desconfiados en brindar información que los expone y podría causarle daños irremediables al negocio. Debido a esto, es importante que las empresas que brindan los servicios sean específicos en sus políticas de confidencialidad y

manejo de información y datos. Otra opción es que las empresas del sector agro inviertan en servicios de ciberseguridad que les de la confianza de innovar tecnológicamente.

Categoría 6: Brechas tecnológicas

Descripción

El acceso a la tecnología es de suma importancia para incursionar en temas de Agricultura 4.0. Por lo tanto, cuando se les consultó a los entrevistados, sobre los retos que afrontan para innovar en sus procesos, mencionaron que algunas de estas dificultades son en cuanto al acceso que existe a los equipos tecnológicos requeridos. Y que esto muchas veces se debe a la zona en la que se ubican y a su capacidad económica. Las respuestas que se refieren a esta categoría son las siguientes:

- *“Se debe regular los precios de los servicios porque el hecho de que en las zonas rurales el precio de los servicios de conexión sea más caros, nos pone más difícil el poder incursionar u implementar el internet de las cosas”* (Entrevistado #1)
- *“Es importante que se empiecen a crear e implementar más programas enfocados en el cierre de brechas tecnológicas para los productores.”* (Entrevistado #2)
- *“El acceso a este tipo de aparatos tecnológicos en las zonas donde se encuentran las fincas es muy difícil, ya que los pequeños productores muchas veces no tienen el conocimiento de la existencia de estos o de cómo conseguirlos”* (Entrevistado #5)
- *“En CR es complicado conseguir ciertos equipos necesarios para utilizar internet de las cosas y los que existen resultan muy caros por lo que se opta por importarlos y hasta el simple hecho de tener que entregar los productos en zonas rurales resulta más costoso”* (Entrevistado #7)

Análisis

Los entrevistados mencionan la importante brecha que ellos perciben en el acceso a las tecnologías digitales y al uso que las personas pueden hacer de ellas especialmente en las zonas rurales. Esta brecha implica las distintas oportunidades que posee la población a la tecnología según las características socioeconómicas. Por lo tanto, los principales causantes de esta diferencia de oportunidades de acceso es el nivel de ingresos y el nivel de escolaridad. Es decir, según la capacidad económica y la educación que la persona posee existe mayor probabilidad de acceso a tecnologías como Internet, teléfono móvil, computadora y aparatos necesarios para el IdC.

Unidad de Análisis 3: Implementación del internet de las cosas

En esta tercera y última unidad de análisis, se explica uno de los factores más importantes para llevar a cabo esta investigación, ya que, según los conocimientos de los entrevistados expertos en el tema, se ampliará el panorama sobre el impacto que poseen estas soluciones sobre las barreras y problemáticas que enfrentan las exportaciones de azúcar en la actualidad.

Debido a que este proyecto es un trabajo de investigación que se realizó al considerar empresas, tanto del sector privado como del sector público, se tomó en cuenta también la opinión de los empresarios exportadores y productores de azúcar. Asimismo, se considera a las empresas, quienes son las encargadas de brindar los servicios y aparatos tecnológicos para la implementación del internet de las cosas en sus procesos. Estas son encargadas de realizar estudios y de brindar la maquinaria con la tecnología especializada. A continuación, se mencionarán las categorías que se derivaron de esta unidad:

1. Herramientas agrícolas
2. Monitoreo de cultivos
3. Tomar decisiones en tiempo real

4. Aumentar sostenibilidad
5. Aumento en las exportaciones

Categoría 1: Herramientas agrícolas

Descripción:

En el momento que se les ha consultó de qué forma se ven beneficiados por la implementación del internet de las cosas o de qué forma los impactaría positivamente si tuvieran la oportunidad de usarlo, estos mencionan que una de las maneras en las que les es útil es por medio de las nuevas herramientas tecnológicas que han creado para el sector agro esto los ayuda a obtener un mejor aprovechamiento de sus recursos. Las respuestas de las entrevistas que hacen referencia a este tema son las siguientes:

- *“Por ejemplo, los sensores ayudan que le demos un uso más eficiente de los recursos: agua, fertilizantes y mejorar los rendimientos de producción de azúcar.”* (Entrevistado #1)
- *“Con los sensores se puede obtener información del entorno de los cultivos como los niveles de humedad del ambiente, humedad de los suelos, temperatura, entre otros, lo que nos puede ayudar a tomar decisiones más precisas sobre las cosechas”* (Entrevistado #3)
- *“La implementación de los sensores y drones en nuestras fincas nos ha beneficiado ayudándonos al ahorro de los recursos y más eficiencia en los procesos de producción”* (Entrevistado #4)
- *“Los sensores de suelos permiten un intercambio de información para un mejor aprovechamiento y eficiencia de los cultivos.”* (Entrevistado #5)

- *“La utilización de drones ha agilizado los procesos de fertilización y monitoreo de las cosechas”* (Entrevistado #7)
- *“Implementando sensores para medir el clima y la humedad de la tierra.”* (Entrevistado #

Análisis

Según lo que mencionaron los entrevistados, estos nuevos equipos tecnológicos son una muy importante herramienta de la cual pueden obtener datos importantes sobre la humedad del ambiente y los suelos, la temperatura, el nivel irradiación de sol, cantidad de lluvia, entre otros; Y esta información se envía a una nube donde se puede analizar y sacar conclusiones que los puede ayudar a tomar decisiones más informadas y eficientes sobre los cultivos y las cosechas. Por ejemplo, según la temperatura les puede ayudar a decidir cuál hora del día es la más adecuada para regar los cultivos o a la automatización de procesos como la fertilización.

Categoría 2: Monitoreo de cultivos

Descripción

Esta categoría surge debido a que cuando se les consulta los entrevistados cuáles han sido las ventajas competitivas que les ha brindado el internet de las cosas en sus procesos productivos y de exportación, la muestra mencionó que el monitoreo automatizado constante de los cultivos les ha dado mucho más conocimiento y le ha ayudado a encontrar técnicas más eficientes en sus producciones. Las respuestas en las cuales se menciona el tema anterior son las siguientes:

- *“El internet de las cosas nos permite realizar un seguimiento de los cultivos de mejor manera y con mayores posibilidades de encontrar problemáticas como pueden ser enfermedades o plagas rápidamente, también ayuda a detectar fallas de siembra o fertilización”* (Entrevistado #1)

- *“El internet de las cosas me ha permitido conocer mejor mi producto y las necesidades que estos poseen porque al estar en constante monitoreo puedo aprender más de ellos”* (Entrevistado #5)
- *“Esta tecnología permite un intercambio de información constante para un mejor aprovechamiento y eficiencia de los cultivos.”* (Entrevistado #8)

Análisis

El internet de las cosas les permite a los productores estar en constante contacto con nueva información y nuevos datos para conocer todo el potencial de su producto y así poder cultivar mayor producto y de mejor calidad, dándole el máximo aprovechamiento a sus procesos actualizados de cosecha y creación de azúcar, asimismo, les ayuda a detectar problemáticas de forma anticipada, que si no se detectan a tiempo podrían dañar la calidad de todos sus productos.

Categoría 3: Tomar decisiones en tiempo real

Descripción

Los entrevistados consideran que poseer la capacidad de toma de decisiones rápidas, informadas y anticipadas les permite cuidar más de cerca sus cultivos y procurar siempre su calidad. Por esta razón, en la pregunta de la entrevista sobre el valor agregado que significa el IdC para la empresa, la muestra responde mencionando que poder tomar decisiones en tiempo real gracias al constante monitoreo les proporciona ventajas sobre sus competidores. Las respuestas referentes a la pregunta mencionada son las siguientes:

- *“El propósito es recopilar datos en tiempo real para analizarlos permite la toma de decisiones rápida por parte del mismo sistema y el agricultor. Lo que le permite al productor recibir las alertas y condiciones especificadas sobre las producciones.”* (Entrevistado #3)

- *“El internet de las cosas brinda la posibilidad de realizar una inteligencia de datos que se pueden interpretar para tomar decisiones en tiempo real más estratégicas para el negocio.”* (Entrevistado #6)
- *“Gracias al internet de las cosas podemos tomar decisiones en tiempo real y hacemos uso más eficiente de los recursos; por ejemplo, ya no tenemos que enviar a una persona a que mida diferentes variables en los cañales.”*

Análisis

Gracias al constante monitoreo que ofrece el internet de las cosas, hoy en día es posible tomar decisiones en tiempo real y esto ayuda a los productores y exportadores a producir alimentos con menos mano de obra, mayor precisión y uso eficiente de los recursos. Asimismo, esta toma de decisiones más precisa y exacta genera productos de mayor calidad lo que los ayuda a enfrentar a mercados internacionales de mayor exigencia y competencia.

Categoría 4: Aumento en la sostenibilidad

Descripción

Esta categoría trata de los beneficios que la implementación del internet de las cosas aporta a los procesos del sector azucarero. A la hora de tomar la opinión de los entrevistados, quienes han sido personas que tienen experiencia en el campo, estos mencionan que uno de los importantes aportes de la agricultura 4.0 es la ayuda a la sostenibilidad. Ya que los ayuda a utilizar solo los recursos necesarios lo que les permite racionar sus bienes. Las respuestas que se refieren a este tema son las que se presentan a continuación:

- *“Nos ayuda a darle un mejor uso a los recursos, como a la hora de riego, solo utilizamos lo que ocupamos y no se desperdicia agua”* (Entrevistado #1)

- *“Gracias a los sensores de humedad del suelo y a datos que provee del medio ambiente, como la previsión de lluvias, podemos saber en qué momento y en qué zona regar con la cantidad de agua adecuada”*
- *“El internet de las cosas afecta el rendimiento de los cultivos, puesto que el control del riesgo impacta en el uso de productos químicos costosos y ayuda a aumentar la productividad”*

Análisis

Con base en lo que mencionan los entrevistados, el internet de las cosas además de ser un instrumento que proporciona beneficios comerciales, también ayuda a que los productores puedan desarrollar proyectos sostenibles y de medioambiente. Debido a que simplifica la utilización de recursos procurando que se utilicen solo los necesarios, de esta forma los proyectos se vuelven más eficientes energéticamente y más cuidadosos con respecto al uso del agua.

Categoría 5: Aumento en las exportaciones

Descripción

Debido a todos los efectos que tiene el internet de las cosas en los procesos de cosecha y procesos productivos de manufactura de azúcar, el IdC también produce afectaciones directas en las exportaciones del sector. Algunos de los efectos de la implementación del internet de estas tecnologías en las exportaciones del sector azucarero que mencionaron los entrevistados, fue un aumento en sus ventas internacionales. Las respuestas de la muestra que se relacionan con este tema son siguientes:

- *“Con la implementación del internet de las cosas en los ingenios podría haber un aumento en las exportaciones de azúcar al tener procesos más eficientes tanto en la agricultura y producción, así como también mejoras en el rendimiento de la producción.” (Entrevistado #1)*

- *“El IdC procura que los cultivos sean más eficientes, por lo tanto, son más competitivos en los mercados internacionales, logrando una diferenciación respecto a otros oferentes y brindándoles una mayor ventaja competitiva. Lo que se vería reflejado en mayores ventas a nivel internacional”* (Entrevistado #2)
- *“El uso eficiente de los recursos: agua, fertilizante, y mejorar los rendimientos de producción de azúcar. Proporciona una mayor producción de azúcar y de mejor calidad lo que podría significar mejores negocios y mejores relaciones con los compradores internacionales”.* (Entrevistado #3)
- *“Gracias a la agilidad en los cultivos se pueden obtener más beneficios comerciales en las exportaciones”* (Entrevistado #5)

Análisis

El internet de las cosas es un gran facilitador de innovación tecnológica agrícola, como se ha demostrado y según como mencionan los entrevistados quienes son personas con experiencia en el área. Los beneficios de la implementación de este tipo de tecnología solo han venido a agilizar todos los procesos ayudándolos a obtener productos de mejor calidad, asimismo, brindándoles mayores oportunidades en los mercados nacionales, pero especialmente una ventaja competitiva ante las otras empresas hacia los compradores internacionales.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se concluye que existen pocos programas dedicados a la ayuda de la tecnificación del sector azucarero en específico y los que existen poseen poco alcance entre los productores y exportadores.

Se determinó que una razón por la que los productores y exportadores del sector azucarero no poseen mucho conocimiento sobre temas de implementación de tecnología en procesos productivos como lo es el internet de las cosas, se debe a la falta de acercamiento que han tenido tanto el sector público y privado con el pequeño productor costarricense de materia prima para producir azúcar para exportación.

Para que los empresarios y productores puedan empezar a utilizar el internet de las cosas en sus procesos se concluye que se les debe apoyar con herramientas adecuadas básicas como lo es el acceso a internet para que puedan tener un buen funcionamiento de los aparatos, entre ellos y de esta forma tecnificar sus fincas lo más rápido posible.

También se concluye que se debería invertir más en investigación y laboratorios donde se pueda obtener información constante que puedan mejorar los procesos de implementación de estas tecnologías y de esta forma estar en innovación constante.

Se determina que los productores del sector azucarero no poseen un amplio conocimiento sobre como implementar correctamente el internet de las cosas, por lo tanto requieren de capacitación.

Se concluye que los altos costos de los equipos pueden significar un problema o barrera a la hora de querer optar por implementar internet de las cosas, ya que el desarrollo de esta innovación necesita muchos requisitos tecnológicos que poseen un alto precio.

Se concluyó que factores como la lentitud del internet y el poco acceso que poseen los productores, especialmente en zonas rurales, son las principales problemáticas que presentan referente al tema.

De igual forma, se determinó que otro de las principales problemáticas que aporta el sector azucarero costarricense es el escaso financiamiento dedicados al sector agrícola, y los que existen poseen intereses muy altos por lo que adquieren las altas deudas, que no les permite invertir en instrumentos que promuevan cultivos más eficientes.

Se concluye que otro factor que le impide al sector azucarero invertir en la implementación de tecnología en sus procesos, es la inseguridad que siente al brindar información confidencial de la empresa a aparatos tecnológicos.

Con respecto de los aportes del internet de las cosas, se concluyó que los equipos tecnológicos son una muy importante herramienta con la cual pueden obtener datos importantes sobre la humedad del ambiente y los suelos, la temperatura, el nivel irradiación de sol, cantidad de lluvia, entre otros, que les apoyará en la toma de importantes decisiones.

Se concluye que el IdC permite a los productores estar en constante contacto con nueva información y nuevos datos para conocer todo el potencial de su producto y así poder cultivar mayor producción y de mejor calidad.

Asimismo, se concluye que la implementación de la Agricultura 4.0 permite que sea posible tomar decisiones en tiempo real y esto ayuda a los productores y exportadores a producir alimentos con: menos mano de obra, mayor precisión y uso eficiente de los recursos.

Se determinó que la utilización de recursos tecnológicos vuelve los proyectos y procesos agrícolas más sostenibles con el ambiente ya que ayuda a que sean más eficientes energéticamente y más cuidadosos con respecto al uso del agua.

Se demuestra que Costa Rica es un país en constante búsqueda de innovación, ya que en los últimos dos años ha iniciado más proyectos para la tecnificación del sector agrícola que otros países de la región.

Se determinaron las versatilidades del internet de las cosas en el sector agrícola, debido a que se puede usar en distintas áreas del proceso para hacerlo más eficiente y efectivo.

Se encontró que la producción de caña de azúcar en una de las actividades agrícolas más antiguas que existen ya que se remonta a la conquista y colonización del territorio, motivo por el cual, su participación se vincula mucho a la agricultura y la economía.

Se destaca la importancia de iniciativas como “Estrategia de Transformación Digital hacia la Costa Rica del Bicentenario 4.0”, ya que gracias a este tipo de proyectos productores de distintas áreas agrícolas han empezado a implementar la tecnología como método de innovación en su negocio.

Debido a lo alto que son los costos del equipo para implementar el IdC, (costos de producción y logística), Costa Rica tiene problema para competir con los bajos precios de los productos de la competencia.

Se concluyó que el internet de las cosas que se aplicó en el sector azucarero por medio de procesos productivos y de cosecha logró agilizar las exportaciones, ayudándolos a obtener productos de mejor calidad, asimismo, brindándoles mayores oportunidades en los mercados nacionales, pero especialmente proporcionándoles una ventaja competitiva ante las otras empresas y con los compradores internacionales.

Recomendaciones

Se le recomienda a PROCOMER implementar más proyectos donde se involucre el sector agro con el sector industria y juntos puedan crear iniciativas para promocionar la tecnificación del sector azucarero costarricense. Asimismo, implementar técnicas de promoción a las iniciativas de mercadeo y publicidad para que todos los participantes del sector, especialmente los de zonas alejadas se enteren y puedan participar del proyecto y las capacitaciones.

Asimismo, se le sugiere a PROCOMER y al MAG realizar proyectos o giras de capacitaciones a distintas zonas del país, con una agenda dedicada a promocionar la inclusión del pequeño productor y empresario del sector azucarero, para motivarlos a incursionar en la implementación del internet de las cosas, dado que, si se le da un uso correcto a la agricultura 4.0 desde los procesos productivos se pueden obtener mejores resultados y procesos más eficientes.

Se le recomienda al MAG trabajar junto con el MICITT para proporcionar iniciativas de conectividad y tomar acciones como adaptar sus servicios estratégicamente para bajar sus precios y ofrecer acceso a otros recursos tecnológicos para que los productores y exportadores posean las condiciones adecuadas para que a la hora conectar los dispositivos entre sí, reciban una respuesta rápida y eficiente del internet de las cosas con los datos e información de su interés.

Se le recomienda al MAG y al MICITT utilizar fondos para invertir en la creación de más laboratorios dedicados a la investigación del internet de las cosas en el sector azucarero y procurar que los resultados estén al alcance de todos los productores. Para que los productores estén en constante innovación y no se queden rezagados en comparación con otros países que poseen información y métodos más actuales.

También se le sugiere al MAG y a PROCOMER crear más programas de capacitaciones, asimismo, aliarse con universidades que estén dispuestas dar cursos o técnicos sobre estos temas, dirigidos a productores del sector azucarero de todas las áreas del país especialmente para los de zonas rurales, para guiarlos en un uso e implementación correcta del internet de las cosas, ya que estos no son expertos en dichos tema, entonces estas capacitaciones pueden ayudarlos a y así darle el mayor provecho a esta herramienta.

Se le recomienda al MICITT agregar a su agenda, proyectos de agilización de telecomunicaciones y conectividad dirigidos específicamente en apoyo a productores del sector agro de zonas rurales para promover la agilización del sector, como una subvención de los servicios de telecomunicaciones a Pympa (Pequeños y Medianos Productores Agropecuarios), por un plazo. Asimismo, aliarse con Instituciones como La Superintendencia de Telecomunicaciones (Sutel) que está realiza iniciativas para ayudar al sector; con el propósito de tratar de eliminar las brechas tecnológicas que existen en las zonas rurales de Costa Rica.

Se recomienda a los bancos estatales crear más programas de financiamiento con tasas accesibles y justas, también proponerles distintas soluciones para poder ayudarlos a alivianar sus deudas que ya poseen y que estos puedan reactivarse económicamente. También estudiar la viabilidad de la creación de una banca que se dedique a ayudar al sector agrícola a tener la posibilidad de adquirir equipos tecnológicos para utilizar en sus producciones y exportaciones entre otros beneficios para el sector.

Se les recomienda a las empresas que brindan servicios de internet de las cosas a productores y exportadores agrícolas ser más específicas en sus políticas de confidencialidad y manejo de información y datos, para lograr que los empresarios confíen en sus políticas de privacidad y se sientan seguros en adquirir herramientas tecnológicas. Asimismo, se le sugiere a los productores del sector agro invertir en servicios de ciberseguridad para que en todo momento su información esté protegida y no sientan que comprometen sus datos, y les de la confianza de innovar, tecnológicamente.

Se recomienda a PROCOMER y al MAG seguir con proyectos que fomenten la tecnificación del sector agrícola y también seguir realizando eventos como Agrotransformación y Agroinnova, para que los productores de Costa Rica puedan seguirse actualizando todos los años en temas de tecnologías nuevas para la utilización en la agricultura. Y también les permita a las empresas costarricenses que venden los equipos para implementar el IdC, tener un acercamiento más directo con los empresarios para poder realizar negociaciones.

CAPITULO VI: PROPUESTA

La implementación de la Agricultura 4.0 ha venido a innovar todo el sector agrícola. Esta innovación tecnológica aplicada a la agricultura de precisión es un elemento básico de un sistema agrícola ecológicamente sostenible que puede proporcionar un funcionamiento eficiente de la producción. Algunos ejemplos de la implementación de estas herramientas y sus funciones; es por medio de un software que puede monitorear de forma remota las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa, humedad de las hojas, radiación solar, lluvia, horas frías) y advertir rápidamente a los agricultores.

La existencia de posibles ataques de patógenos y la determinación del tiempo correcto de riego, reduciendo así el desperdicio de agua, el consumo de energía y el uso de plaguicidas, lo que les permite un uso correcto y más racional de sus recursos, ahorrándoles tiempo, dinero y ayudándolos a obtener mayor producto y de mejor calidad. Esto se traduce en mayores ventas y mejores negocios, asimismo mayor ventaja competitiva ante sus competidores internacionales.

Debido a estas razones, en Costa Rica se han empezado a implementar proyectos para la implementación del internet de las cosas, en el sector agrícola. El sector azucarero ha sido uno de los que ha iniciado con el uso de estas tecnologías en sus cultivos y procesos productivos. Ha empezado a utilizar sensores para poder adquirir información sobre la temperatura de los suelos y del ambiente, también se ha usado drones que propagan de forma más rápida y más eficiente elementos que se utilizan en los cultivos como los fertilizantes.

Sin embargo, a la hora de analizar el conocimiento aportado por la muestra en las entrevistas, se descubrió que uno de los impedimentos más importantes que les entorpece el proceso de implementación del internet de las cosas, en sus procesos productivos y de exportación es que muchos de los pequeños, medianos y grandes productores no poseen el conocimiento básico y adecuado para la correcta implementación de las herramientas y de los equipos.

Por esta razón, se desea proponer un programa que implemente una gira de capacitaciones que priorice una agenda diseñada para proveer el conocimiento necesario a los productores del

sector azucarero y posea alcance a la mayoría de los participantes del sector. De esta forma, estos serán capacitados y se sentirán más seguros de realizar la inversión inicial en equipos del internet de las cosas ya que serán capaces de darle el mayor provecho posible a esta tecnología.

Objetivos

Objetivo general

Orientar a los productores, exportadores y demás colaboradores del sector azucarero en un mejor uso del IdC, para crear un incremento de la productividad y rendimiento de la empresa.

Objetivos específicos

Proporcionar orientación e información relevante a los objetivos de la implementación del IdC, su organización, funcionamiento, y políticas.

Proveer conocimientos y desarrollar habilidades que cubran la totalidad de requerimientos para el correcto funcionamiento del IdC en el sector azucarero.

Propuesta

Metas.

Capacitar al 100% Gerentes, productores de caña de azúcar, dueños, colaboradores y personal operativo de ingenios y empresas que prestan servicios del internet de las cosas al sector azucarero costarricense.

Estrategias.

Desarrollo de trabajos prácticos que se realizaran, cotidianamente y como implementar el IdC en sus procesos diarios.

Presentación de: maquinaria, equipos e insumos agrícolas que se pueden implementar del IdC que se pueden utilizar en el sector azucarero.

Realizar talleres y conferencias con expertos nacionales e internacionales.

Tipos, modalidades y niveles de capacitación

Tipos de Capacitación.

Capacitación Inductiva: Es aquella que se orienta a facilitar la integración de los agricultores, exportadores, empresarios, proveedores en temas de la implementación de la Agricultura 4.0.

Capacitación preventiva: Es aquella orientada a prever los cambios que se producen en los distintos ambientes a los que se enfrentan los participantes del sector azucarero, ya que su desempeño puede variar con los años, sus destrezas pueden deteriorarse y la tecnología tornar obsoletos sus conocimientos.

Esta tiene por objetivo la preparación del personal para enfrentar con éxito la adopción de nuevas metodologías de trabajo, nueva tecnología o la utilización de nuevos equipos, llevándose a cabo en estrecha relación al proceso de desarrollo del IdC.

Capacitación correctiva: Como su nombre lo indica, está orientada a solucionar problemas de desempeño que afrontan los empresarios, productores y exportadores que ya implementan el internet de las cosas, pero no poseen el conocimiento al 100%.

Capacitación para el desarrollo: Esta capacitación tiene por objeto mantener o elevar la productividad presente de los representantes del sector azucarero, a la vez que los prepara para un futuro diferente a la situación actual en el que la empresa puede diversificar sus actividades con nuevos descubrimientos tecnológicos, y sean capaces desarrollar los avances que se den con calidad y eficiencia.

Modalidades de Capacitación.

Formación: Su propósito es impartir conocimientos básicos orientados a proporcionar una visión general y ampliar la relación al contexto de desenvolvimiento en la implementación de tecnología en sus procesos productivos y de exportación.

Actualización: Se orienta a proporcionar conocimientos y experiencias derivados de recientes avances científico y tecnológicos en el sector agrícolas azucarero costarricense.

Especialización: Se orienta a la profundización en el dominio de conocimientos y experiencias o al desarrollo de habilidades, respecto a la implementación del internet de las cosas, en el sector azucarero.

Perfeccionamiento: Se dedica a crear, desarrollar, complementar y ampliar el grado de conocimientos y experiencias, con el fin de potenciar el desempeño de las funciones técnicas y de gestión.

Complementación: Su propósito es reforzar la formación que manejan los empresarios y productores que solo manejan la información y habilidades parcialmente.

Niveles de Capacitación.

Los tipos y las modalidades, puede darse en los siguientes niveles:

Nivel Básico: Se orienta al personal que se inicia en el desempeño y el conocimiento del internet de las cosas

Nivel Intermedio: Se orienta al personal que requiere profundizar conocimientos y experiencias, su objetivo es ampliar conocimientos y perfeccionar habilidades con relación a la implementación del internet de las cosas.

Nivel Avanzado: Se orienta a las personas que requieren obtener una visión completa y amplia sobre una actividad o un campo específico relacionado con la implementación del Internet de las cosas.

Acciones por desarrollar.

Las acciones por tomar para desarrollar este plan de capacitación se basarán en los temarios que permitirán a los asistentes a dominar los temas, y el esfuerzo realizado que permitirán mejorar la calidad de la implementación del internet de las cosas en el sector azucarero costarricense, para ello se está considerando lo siguiente:

Temas de capacitación.

Generalidades sobre el IdC

Definición del internet de las cosas

Funcionamiento del internet de las cosas

Descripción técnica del internet de las cosas

Relación entre el internet de las cosas (IdC) e inteligencia artificial (IA)

IdC en Costa Rica

Historia del IdC en Costa Rica

Políticas públicas sobre el IdC

Educación

Implementación del internet de las cosas en la agricultura costarricense

Agricultura de precisión e inteligente

Tractores inteligentes

Drones

Monitorización en línea

Invernaderos inteligentes

Iniciativas que existen en Costa Rica para la implementación del Internet de las Cosas (IdC) en el sector azucarero costarricense

Estrategia de Transformación Digital hacia la Costa Rica del Bicentenario 4.0

Agroinnovación 4.0

Agencia de Promoción de la Innovación

Fab Lab

Recursos.

Lo conforman los participantes, facilitadores y expositores especializados en la materia de la implementación y creación del IdC.

Materiales.

Referencias

Aceros, D. (2020). Prototipo de una ruta tecnológica para el IoT, enfocada en las tecnologías de riego, para los agricultores de pequeña escala en Colombia. [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia]. https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/11709/2020_Tesis_Daniel_Fabian_Aceros_Orduz.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Agro Información. (2021). El primer tractor inteligente del mundo que no necesita conductor y trabaja día y noche ya está a la venta por 41.000 euros. Agro Información. <https://agroinformacion.com/el-primer-tractor-inteligente-del-mundo-que-no-necesita-conductor-y-trabaja-dia-y-noche-ya-esta-a-la-venta-por-41-000-euros/>.

Apuy, E. (2019). Perfil de la oferta costarricense especializada en tecnologías 4.0. <http://sistemas.procomer.go.cr/DocsSEM/20A998F7-39C0-4B39-99AC-083233A2367A.pdf>

Banafe, A. (2017). Por qué Internet de las cosas necesita inteligencia artificial. BBVA. <https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/mundo-digital/por-que-internet-de-las-cosas-necesita-inteligencia-artificial/>.

Barrio, M. (2018). Internet de las Cosas. https://www.editorialreus.es/static/pdf/primeraspaginas_9788429020380_internetdelascosas.pdf

Bolaños, J. (2016). Efectos de la cosecha mecanizada sobre los rendimientos industriales de la caña de azúcar (*Saccharum spp*). En el ingenio quebrada azul, San Carlos, Costa Rica. [Tesis de maestría para el Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica.] <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5873/Efecto%20de%20la%20cosecha%20mecanizada%20en%20los%20rendimientos%20industriales%20de%20la%20ca%C3%B1a%20de%20az%C3%BAcar%20%28saccharum%20ssp%29%20en%20el%20Ingenio%20Quebrada%20Az%C3%BAl%2C%20San%20Carlos%2C%20Costa%20Rica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Castro, J. (2020). 20 mujeres diseñaron soluciones para agricultura basadas en tecnología. *La República*. <https://www.larepublica.net/noticia/20-mujeres-disenaron-soluciones-para-agricultura-basadas-en-tecnologia>.

Castro, J. (2020). Gobierno impulsa millonario programa para implementar tecnología en el sector agrícola. *La República*. <https://www.larepublica.net/noticia/gobierno-impulsa-millonario-programa-para-implementar-tecnologia-en-el-sector-agricola>.

Castro, J. (2021). Costa Rica ya cuenta con un Centro de Interpretación del Mañana de la Agricultura 4.0. *La República*. <https://www.larepublica.net/noticia/costa-rica-ya-cuenta-con-un-centro-de-interpretacion-del-manana-de-la-agricultura-40>.

Chaves, M. (2019). Problemas y limitantes del productor de caña de azúcar en Costa Rica: opinión del agricultor. <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/zQgirDgNNoreiqeUNCYZjGYwryQpfsIB>

Chitiva, Y. (2020). Internet of Things (IoT) DISEÑO DE UNA RED DE IoT PARA EL HOGAR. [Tesis de maestría, Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia] https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/17670/1/2020_diseno_red_iot.pdf

Cordero, C. (2019). Internet de las cosas abre surcos en sector agrícola. *El Financiero*. <https://www.elfinancierocr.com/tecnologia/internet-de-las-cosas-abre-surcos-en-sector/6UJMSYJ3VJBR7JUPQH3MIUK264/story/>

Destino Negocio (2016). IoT en el agro: nuevos sistemas para aumentar la productividad. Destino Negocio. <https://destinonegocio.com/pe/negocio-por-internet-pe-pe/iot-en-el-agro-nuevos-sistemas-para-aumentar-la-productividad/>

Durán, E. (2019). Análisis de la implementación del internet de las cosas en la agroindustria colombiana para optimizar y aumentar los procesos de producción [Tesis de licenciatura, Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia]. https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/12915/1/2019_an%C3%A1lisis_sistem%C3%A1tico_internet.pdf

Durán, E. (2019). Análisis de la Implementación del Internet de las cosas en la Agroindustria Colombiana para optimizar y aumentar los procesos de producción. [Tesis de maestría, Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia] https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/12915/1/2019_an%C3%A1lisis_sistem%C3%A1tico_internet.pdf

Evan, D. (2012). Internet de las cosas Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo. https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf

Fernández, J (2021). Agricultura inteligente (Parte 4): Barreras que ralentizan la expansión del IoT en el sector. Fertiheria. <https://www.fertiberia.com/es/blog/2018/enero/agricultura-inteligente-4-barreras-iot/>

Fractal. (2018). Las 9 aplicaciones más importantes del Internet de las Cosas (IoT). Fractal. <https://www.fractal.com/es/blog/9-aplicaciones-importantes-iot>

Fundación Innovación Bankinter. (2020). Las 6 tecnologías que están potenciando el internet de las cosas. <https://www.fundacionbankinter.org/noticias/las-6-tecnologias-que-estan-potenciando-el-internet-de-las-cosas/>

Lanner. (2018). 5G y la IoT de Agricultura Inteligente – Promesa de hacer que el mundo vuelva a ser verde. <https://www.lanner-america.com/es/blog-es/5g-y-la-iot-de-agricultura-inteligente-promesa-de-hacer-que-el-mundo-vuelva-a-ser-verde/>

Melo, N. (2017). Implementación de un sistema de almacenamiento de la información, monitoreo y control aplicando el internet de las cosas, para la automatización de un invernadero. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador] <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4361/1/UNACH-EC-ING-ELE-TEL-2017-0013.pdf>

Mora, H. (2019). Diseño, desarrollo e implementación de una red de sensores inalámbricos (WSN) para el control, monitoreo y toma de decisiones aplicado en la agricultura de precisión basado en internet de las cosas (IoT). – caso de estudio cultivo de frijol. [Tesis de licenciatura, Universidad Ricardo Palma, Perú]. http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2294/TESIS_MORA-ROSAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Novedades Agrícolas S.A. (2016). Invernaderos Automatizados e Inteligentes. NOVAGRIC. <https://www.novagric.com/es/invernaderos-automatizados-inteligentes>.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). Agricultura sostenible. Una herramienta para fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/i5754s/i5754s.pdf>

Pérez, M. (2019). Paradigma IoT: desde su conceptualización hacia su aplicación en la agricultura. 40(18), 6. <https://www.revistaespacios.com/a19v40n18/a19v40n18p06.pdf>

Pinto, A. (2020). Programa Sociedad de la Información y el Conocimiento Universidad de Costa Rica. Universidad de Costa Rica. http://www.prosic.ucr.ac.cr/sites/default/files/recursos/informe_prosic_2020_final_1.pdf.

Pisano, A. (2018). Internet de las Cosas. [Tesis de maestría, Universidad de San Andrés, Argentina]. <https://repositorio.udesar.edu.ar/jspui/bitstream/10908/16159/1/%5bP%5d%5bW%5d%20T.%20M.%20Ges.%20Pisano,%20Ariel.pdf>.

Rodríguez, R. (2019). Internet de las cosas: Futuro y desafío para la epidemiología y la salud pública. 21(3). 253-260. <http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v21n3/2389-7066-reus-21-03-253.pdf>

Roma, E. (2016). La agricultura, problema y solución. El País. https://elpais.com/elpais/2016/11/16/planeta_futuro/1479328266_041681.html

Salas, O. (2016). Aumenta impacto de las nuevas tecnologías en la agricultura. Universidad de Costa Rica. <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2014/08/24/aumenta-impacto-de-las-nuevas-tecnologias-en-la-agricultura.html>.

Sandoval, J. (2018) Diseño e implementación de un curso de creación de servicios comerciales en el internet de las cosas. [Tesis de maestría, Universidad de Chile, Chile.]. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/168388/Dise%C3%B1o-e-implementaci%C3%B3n-de-un-curso-de-creaci%C3%B3n-de-servicios-comerciales-en-el-Internet-de-las-cosas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Suárez, M (2016). Estos son los cinco factores que reacomodan al sector azucarero. *La República*. <https://www.larepublica.co/empresas/estos-son-los-cinco-factores-que-reacomodan-al-sector-azucarero-2183556>

Tovar, J. (2019). Internet de las cosas aplicado a la agricultura: estado actual, Lampsakos, (22), 86-105. <https://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/3253/2635>

Umaña, P. (2020). Financiamiento, tecnologías y cambio climático: parte de los retos que enfrentan a diario el sector agrícola. *El Observador*. <https://observador.cr/financiamiento-tecnologias-y-cambio-climatico-parte-de-los-retos-que-enfrenta-a-diario-el-sector-agricola/>

Villota, E. (2019). Implementación de una estación prototipo con visión artificial, aplicado a la agricultura de precisión. [Tesis licenciatura, Universidad de Cuenca, Ecuador]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33492/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>

Anexo I

CUESTIONARIO

Este cuestionario tiene como función ser instrumento para la obtención de datos en la investigación titulada “Estudio de la aplicación del Internet de las Cosas (IdC) en las exportaciones del sector azucarero costarricense para el 2020”, para la obtención del título de Licenciatura en la carrera de Comercio Internacional de la Universidad Internacional de las Américas. La información recopilada será de uso exclusivo para esta investigación y con carácter confidencial.

Yo, Fanny Alfaro, autora de esta investigación solicito amablemente su colaboración para responder las preguntas abajo descritas y de antemano, agradezco el tiempo y la disposición para el desarrollo de este proyecto.

1. ¿Cuáles programas o iniciativas conocen por parte del gobierno o entidades estatales que ayuden a incentivar la tecnificación del sector azucarero de Costa Rica?
2. ¿De qué forma han ayudado las iniciativas que existen a nivel estatal en la implementación de tecnología en los procesos productivos y de exportación de la de azúcar costarricense?
3. ¿Cuáles iniciativas considera que son necesarias a nivel de país para promover la tecnificación del sector azucarero?
4. ¿Cómo considera que se verían afectados los costos de producción y exportación con la implementación de agricultura de precisión o algún tipo de tecnología en los cultivos de caña de azúcar?
5. ¿Cuáles son las principales barreras o dificultades que enfrenta el sector azucarero para la implementación de Inteligencia artificial u otras tecnologías en la producción y exportación de azúcar?
6. ¿Qué elementos y herramientas considera necesarias para poder enfrentar los desafíos o retos que representa implementar el internet de las cosas en la producción y exportación de azúcar?

7. ¿De qué forma implementa el internet de las cosas en las producciones de azúcar?
8. ¿Cuáles ventajas competitivas le brinda a la empresa la implementación del Internet de las Cosas en los procesos de producción?
9. ¿Qué efectos tiene la implementación de inteligencia artificial por medio del internet de las cosas en los cultivos de caña de azúcar?
10. ¿Cómo se ven afectadas las exportaciones de azúcar de Costa Rica con la implementación de la tecnología y el internet en sus procesos?