



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo para obtener el título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

“La inteligencia artificial en la proyección de su producción de cultivo
de Caña de Azúcar en el Ecuador”.

AUTOR:

Luis Enrique Romero Ayala

TUTORA:

Lcda. Martha Uvidia Vélez, MSc.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2023

RESUMEN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es una planta gramínea tropical, que se caracteriza por la acumulación de sacarosa en su tallo en el período de maduración teniendo gran importancia mundial en la producción de azúcar y sus derivados, desempeñando un papel fundamental en la economía ecuatoriana, generando empleo, impulsando las exportaciones, contribuyendo a la generación de energía renovable y promoviendo el desarrollo agrícola. Establecer la importancia de la inteligencia artificial en la proyección de producción en la caña de azúcar en el Ecuador. La presente investigación se la realizó como parte del componente práctico para el trabajo de titulación de acuerdo a investigaciones recopiladas de artículos, revista, tesis y editoriales. Las conclusiones determinaron que con la ayuda de inteligencia artificial y herramientas de agricultura de precisión como sensores, drones y sistemas de monitoreo, se puede recopilar información precisa sobre la calidad del suelo, la humedad, la salud de las plantas y otras variables importantes; el uso de drones para fotografiar los cultivos e identificar regiones con baja producción es un ejemplo de la caña de azúcar. La inteligencia artificial se utiliza para analizar las fotos después de subirlas a la nube Azure de Microsoft. Como resultado, puede enumerar los elementos que se cosecharán; el rendimiento automático, la estimulación y el seguimiento son las tres estrategias disponibles para las personas que buscan ejercer la menor cantidad de esfuerzo y al mismo tiempo lograr el mayor nivel de precisión; salida de datos del algoritmo entrenado basado en variables ambientales independientes como nitrógeno, fósforo, pH y lluvia en la aplicación de mapeo y al desarrollar los algoritmos de la máquina de vectores de soporte e implementarlos en la aplicación web.

Palabras clave: tecnologías, rendimiento, inteligencia artificial, cultivos.

SUMMARY

Sugar cane (*Saccharum officinarum*) is a tropical grass plant, which is characterized by the accumulation of sucrose in its stem during the maturation period, having great global importance in the production of sugar and its derivatives, playing a fundamental role in the economy. Ecuadorian, generating employment, promoting exports, contributing to the generation of renewable energy and promoting agricultural development. Establish the importance of artificial intelligence in the projection of production in sugarcane in Ecuador. This research was carried out as part of the practical component for the degree work according to research compiled from articles, magazines, theses and editorials. The conclusions determine that with the help of artificial intelligence and precision agriculture tools such as sensors, drones and monitoring systems, precise information can be collected on soil quality, humidity, plant health and other important variables; The use of drones to photograph crops and identify regions with low production is an example of sugar cane. Artificial intelligence is used to analyze the photos after uploading them to Microsoft's Azure cloud. As a result, you can list the items to be harvested; Automatic performance, stimulation, and tracking are the three strategies available to people seeking to exert the least amount of effort while achieving the highest level of accuracy; output environmental data from the trainer algorithm based on independent variables such as nitrogen, phosphorus, pH and rainfall in the mapping application and by developing the support vector machine algorithms and implementing them in the web application.

Keywords: technologies, performance, artificial intelligence, crops.

CONTENIDO

RESUMEN.....	ii
SUMMARY	iii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
MARCO METODOLÓGICO	3
1.1. Definición del tema caso de estudio	3
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos	4
1.4.1. General	4
1.4.2. Específicos	4
1.5. Fundamentación teórica	5
1.5.1. Importancia de la Inteligencia artificial en los cultivos.....	5
1.5.2. Potencialidades de la inteligencia artificial en la producción de la caña de Azúcar.....	13
1.6. Hipótesis	21
1.7. Metodología de la investigación	21
CAPÍTULO II.....	22
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	22
2.1. Desarrollo del caso	22
2.2. Situaciones detectadas (hallazgo).....	22
2.3. Soluciones planteadas.....	23
2.4. Conclusiones.....	23
2.5. Recomendaciones	25
BIBLIOGRAFÍA	26

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es una planta gramínea tropical, que se caracteriza por la acumulación de sacarosa en su tallo en el período de maduración teniendo gran importancia mundial en la producción de azúcar y sus derivados. La caña de azúcar desempeña un papel fundamental en la economía ecuatoriana, generando empleo, impulsando las exportaciones, contribuyendo a la generación de energía renovable y promoviendo el desarrollo agrícola.

La caña de azúcar es un cultivo de gran importancia a nivel mundial, ya que es una fuente fundamental para la producción de azúcar y biocombustibles. La creciente demanda de estos productos ha llevado a la necesidad de mejorar la eficiencia y la sostenibilidad en su producción. En este contexto, la inteligencia artificial emerge como una herramienta revolucionaria que puede impulsar la proyección de la producción de caña de azúcar de manera significativa.

En el Ecuador en 2022, se cosecharon 113148 hectáreas de caña de azúcar para azúcar, registrando un decrecimiento del 13,2%, con respecto al 2021. La caña estimada para azúcar está localizada principalmente en la Región Costa. La provincia del Guayas representa el 88,1 % de la superficie total cosechada, en segundo y tercer orden de superficie se encuentran Cañar y Los Ríos con el 6,0 % y 2,0 %, respectivamente (INEC 2023).

La estimación temprana mediante el uso de sensores remotos ha sido una línea de investigación en los últimos años en el sector azucarero, la utilización de diferentes índices de vegetación obtenidos de bandas específicas como el NDVI y el EVI, el uso de diferentes sensores y recientemente de cámaras multiespectrales aerotransportadas han ayudado en generar diferentes modelos.

La inteligencia artificial ha llegado para transformar la industria cañera, optimizando la producción, promoviendo la sostenibilidad y permitiendo un uso más eficiente de los recursos agrícolas. Con la continua evolución de estas tecnologías, se puede esperar un futuro prometedor para la producción de caña de azúcar y su

contribución en la satisfacción de las demandas alimentarias y energéticas del mundo.

Con la adopción de la inteligencia artificial, los agricultores pueden tomar decisiones informadas y estratégicas, lo que resulta en una mayor eficiencia y productividad en el cultivo de la caña de azúcar. Además, esta tecnología ofrece oportunidades para abordar los desafíos globales relacionados con la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola, sentando las bases para un futuro prometedor en la producción de este valioso cultivo.

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente documento trata sobre la inteligencia artificial en la proyección de su producción de cultivo de Caña de Azúcar en Ecuador.

La estadística y las técnicas de optimización forman parte del campo del aprendizaje automático en informática. Su objetivo es desarrollar algoritmos que puedan extraer automáticamente patrones de un conjunto de datos, lo que tiene una amplia gama de aplicaciones. Cuando se trata de cultivos como la caña de azúcar, puede resultar útil predecir el rendimiento de una planta, como su capacidad para resistir el estrés biótico (como plagas y enfermedades provocadas por insectos, nematodos, hongos o bacterias) o estrés abiótico (como como frío, escasez de agua, elevadas salinidades o deficiencias nutricionales del suelo).

1.2. Planteamiento del problema

La inteligencia artificial (IA) puede desempeñar un papel importante en la proyección de la producción de caña de azúcar al proporcionar análisis y predicciones basadas en datos históricos y variables relevantes. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la proyección de la producción de caña de azúcar implica muchos factores complejos que van más allá de la capacidad de la IA por sí sola.

La IA puede analizar datos climáticos históricos, como temperaturas, precipitaciones y humedad, y combinarlos con datos de producción de años anteriores para predecir cómo el clima puede influir en la producción de caña de azúcar en un área determinada. Además, puede considerar otros factores relevantes, como la disponibilidad de agua y la calidad del suelo, para proporcionar una imagen más completa de las proyecciones de producción.

La producción de caña de azúcar puede afectarse por una variedad de factores, como el clima, la disponibilidad de agua, la calidad del suelo, las prácticas agrícolas, las enfermedades de las plantas y otros eventos imprevistos. La IA puede analizar grandes conjuntos de datos históricos y detectar patrones con correlaciones entre estas variables para generar predicciones sobre la producción futura.

1.3. Justificación

La inteligencia artificial (IA) desempeña un papel fundamental en la proyección de la producción de caña de azúcar. A través del análisis de grandes cantidades de datos y la aplicación de algoritmos avanzados, la IA puede proporcionar una justificación sólida para mejorar la eficiencia y la productividad en la industria de la caña de azúcar.

La inteligencia artificial puede ayudar a los agricultores y productores de caña de azúcar a tomar decisiones más informadas sobre la gestión de sus cultivos. Utilizando técnicas de aprendizaje automático, la IA puede generar información básica de Sistema de producción. Estas proyecciones precisas permiten a los agricultores optimizar el uso de recursos, como el agua y los fertilizantes, y planificar las actividades de cultivo de manera más eficiente.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Establecer la importancia de la inteligencia artificial en la proyección de producción en la caña de azúcar en el Ecuador.

1.4.2. Específicos

- Determinar el incremento de la producción en caña de azúcar y el uso de la inteligencia artificial.

- Identificar las potencialidades de la inteligencia artificial en la producción de la caña de Azúcar.

1.5. Fundamentación teórica

1.5.1. Importancia de la Inteligencia artificial en el cultivo de caña de azúcar

La base de cualquier economía sostenible es la agricultura. Aunque difiere entre naciones, es crucial para el crecimiento económico a largo plazo. La producción de alimentos y cultivos era el único objetivo de la agricultura en el pasado. Pero actualmente el procesamiento, producción, comercialización y distribución de productos agrícolas y ganaderos es indispensable durante las últimas dos décadas (Segovia *et al.* 2021).

Las Naciones Unidas han pronosticado que para 2050 habrá cerca de diez mil millones de personas en el planeta, lo que plantea importantes desafíos para la producción y el suministro de alimentos con el fin de alcanzar el segundo objetivo de desarrollo. "Hambre cero" que sea sostenible. En este contexto, el sector agrícola domina el suministro de materias primas y la satisfacción de las necesidades alimentarias (Hoyos *et al.* 2023).

El mismo autor señala que actualmente, la industria agrícola exhibe una gran diversidad, que va desde producciones intensivas masivas hasta pequeñas explotaciones familiares. Ambas situaciones dan como resultado la producción de cantidades significativas de datos, que frecuentemente se analizan utilizando técnicas fundamentales de procesamiento de información. (Hoyos *et al.* 2023).

Las máquinas pueden aproximarse a la inteligencia humana en los fascinantes campos científicos interdisciplinarios de la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y el aprendizaje profundo. La hipótesis afirma que las computadoras son capaces de aprender de

ejemplos pasados y utilizar este conocimiento acumulado para completar tareas difíciles como análisis de regresión, clasificación de patrones y predicción (Vásquez *et al.* 2022).

Ahora vivimos en un mundo globalizado donde la tecnología tiene un impacto significativo en el desarrollo de nuestra vida diaria. Como resultado, la tecnología nos ha hecho la vida más fácil en muchos sentidos, desde aplicaciones web hasta la mejora y optimización de procesos de negocio, hasta la creación de aplicaciones de última generación como el reconocimiento de imágenes basado en inteligencia artificial y la realidad aumentada, entre otras (Medina y Urteaga 2021).

Un número cada vez mayor de personas está interesada en utilizar herramientas de inteligencia artificial (IA) para predecir o encontrar plagas o enfermedades en diversos cultivos. De este modo, la IA puede acelerar y simplificar el proceso de toma de decisiones oportunas para los expertos. Al permitir la detección automática y rápida de enfermedades en los cultivos, estas herramientas permiten un tratamiento rápido, lo que reduce las pérdidas de producción (Aguirre *et al.* 2022).

Actualmente, las actividades agrícolas proporcionan un medio fundamental de subsistencia al tiempo que aumentan el PIB (Producto Interno Bruto), contribuyen al comercio nacional, reducen el desempleo, suministran materias primas para la producción en otras industrias y, en general, promueven el desarrollo económico. el aumento de la geometría global. A medida que surge la necesidad de más personas, se revisan las prácticas agrícolas para presentar soluciones creativas para sostener y mejorar las operaciones del sector (Segovia *et al.* 2021).

El término "Inteligencia Artificial" (AI), que en inglés significa "Artificial Intelligence", se refiere a una rama de la informática que permite a las

máquinas y ordenadores tomar decisiones similares a las que toman los humanos. La inteligencia artificial, describe la capacidad de una máquina para imitar el funcionamiento de la mente humana. Esto implica aprender de experiencias, reconocimiento de objetos, comprensión y respuesta del lenguaje, toma de decisiones, resolución de problemas y combinar estas habilidades con otras para realizar tareas que un humano podría realizar (Vásquez *et al.* 2022).

Con el tiempo, se han desarrollado técnicas para mejorar el progreso agrícola. Como resultado, la industria ha podido crecer productivamente y la calidad del producto se ha optimizado para satisfacer la gran demanda de alimentos a nivel mundial. La agricultura se ha vuelto cada vez más importante para el desarrollo de la economía mundial con el tiempo. Pero debido a numerosas enfermedades provocadas por bacterias, virus y hongos, ni siquiera los avances tecnológicos han podido beneficiar plenamente a los cultivos (Medina y Urteaga 2021).

Todos los avances tecnológicos, incluido el análisis de big data, la robótica, Internet, la accesibilidad a sensores y cámaras asequibles, la tecnología de drones e incluso Internet a gran escala con cobertura de campo, harán posible implementar la IA en la agricultura geográficamente disperso (Segovia *et al.* 2021).

La población humana crecerá significativamente en las próximas décadas, como se ha demostrado. Para preservar el medio ambiente y hacer frente a la escasez de recursos, será necesario aumentar la producción agrícola en esta situación. Este aumento debería afectar a todos los cultivos, pero debería afectar especialmente a productos básicos como el trigo, que representa alrededor del 20% de la ingesta calórica diaria de una persona (Apolo *et al.* 2019).

La agricultura ha adoptado la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático (ML) en las tecnologías de mejoramiento y producción.

Para estos servicios agrícolas, la computación cognitiva es la tecnología más disruptiva por su capacidad para comprender, aprender y responder a diferentes situaciones. Aumentar la eficacia de la educación (Sepúlveda 2020).

Con la ayuda del poder intelectual creado por el hombre en cuestiones de agronegocios, se puede entender la escasez de recursos. Para obtener características del cultivo como la altura de la planta, la textura del suelo y el contenido del suelo utilizando métodos convencionales, fueron necesarias muchas pruebas manuales laboriosas. Se ha demostrado que el uso de IA mejora significativamente una serie de sistemas, produciendo un rendimiento alto, rápido y no dañino que ofrece mayores ventajas en el sector agrícola tanto en campos abiertos como cerrados, así como un acceso a la información más controlado (Segovia *et al.* 2021).

Todo cultivo, como todos sabemos, requiere de una atención especial, y sin duda la iluminación, los fertilizantes, el agua y los pesticidas son necesarios tanto para el crecimiento como para el buen desarrollo en la producción de un cultivo, para poder obtener y garantizar la calidad de los productos finales. Sin embargo, existen muchos sitios web que ayudan a los agricultores con el seguimiento y control que necesitan practicar para evitar que diferentes enfermedades dañen sus cultivos (Medina y Urteaga 2021).

Una mejora significativa en la modelización y control del clima de invernadero ha resultado de la aparición de algoritmos inspirados en la evolución genética (Algoritmos Evolutivos) y aquellos inspirados en el comportamiento natural de algunas especies animales (Bioinspired). Esto se debe a que estos algoritmos ofrecen solidez, flexibilidad y soluciones de bajo costo para problemas complejos y altamente no lineales con un pequeño margen de tolerancia a la imprecisión y la incertidumbre (Trejo y López 2012).

El estudio titulado "Sistema de visión artificial para apoyar la identificación de plagas y enfermedades en los cultivos" era crear un sistema, teniendo en cuenta el tamaño y la forma de cada hoja, pero para completar este estudio se han tenido en cuenta tres etapas del sistema de visión artificial: tomar la imagen mediante la cámara del dispositivo Android, procesarla con algoritmos para cambiarla (para producir nuevos patrones) y procesar los resultados. El agricultor en este caso necesita entre 25 y 30 minutos para encontrar cualquier enfermedad o plaga en su cultivo (Medina y Urteaga 2021).

Entre estas técnicas destacan los algoritmos evolutivos (AE), bioinspirados (ABI) y híbridos, se denominan métodos de inteligencia artificial (IA). Uno de los métodos más conocidos para resolver problemas dentro del ámbito de la "Computación Evolutiva", que también abarca las Estrategias Evolutivas (ES), la Programación Evolutiva (EP), la Evolución Diferencial (DE) y la Programación Genética (GP), es la Algoritmos (GAs, Algoritmos Genéticos). Las analogías con sistemas naturales o sociales se utilizan para resolver problemas en la informática bioinspirada (Trejo y López 2012).

Su revisión de la inteligencia artificial en la agricultura destaca cinco áreas clave, que son las siguientes (Sepúlveda 2020).

1. Crecimiento impulsado por el IOT (Internet de las Cosas): Existe un gran volumen de datos relacionados con patrones climáticos históricos, informes de suelos, datos relacionados con plagas y enfermedades en plantas, imágenes de drones y satélites, entre otros. por soluciones cognitivas IOT; esta área cuenta con dos tecnologías utilizadas para la fusión inteligente de datos, que son la proximidad y la detección remota, mediante sensores que incorporan imágenes aéreas o satelitales. Utilizar datos para aumentar la producción.
2. Creación de información basada en imágenes: la agricultura de precisión trabajade la mano con imágenes tomadas con drones para ayudar en el análisis, monitoreo y escaneo de campos y

cultivos. El Internet de las Cosas, los datos obtenidos de los drones y la tecnología deben combinarse con la visión por computadora para asegurar acciones rápidas por parte de los agricultores con alertas en tiempo real sobre detección de enfermedades, identificación de radiaciones y manejo de cultivos en términos de riego, fertilización y otros factores.

3. La mejor combinación de productos agrícolas considera una serie de factores, como la condición del suelo el pronóstico del tiempo, las semillas utilizadas y el comportamiento de determinadas regiones de cultivo. Las soluciones cognitivas permiten recomendaciones basadas en estos factores. a los agricultores, que puede adaptarse de acuerdo con los requisitos, las condiciones regionales, los datos sobre prácticas agrícolas exitosas anteriores y factores externos como las tendencias del mercado en términos de precios y necesidades de los clientes.
4. Monitoreo de la salud de los cultivos: utilizando métodos de detección remota, imágenes hiperespectrales y escaneo láser 3D, se crean métricas de cultivos. Esto revoluciona la forma en que los agricultores gestionan y vigilan sus tierras, permitiendo un seguimiento durante todo el año y la capacidad de generar informes en caso de anomalías.
5. El riego es uno de los procesos agrícolas que requiere más mano de obra. Máquinas capacitadas en historias climáticas, calidad del suelo y tipos de cultivos permiten la automatización del riego y aumentan el rendimiento general, evitando el desperdicio de recursos, la contaminación de los acuíferos y, en general, reduciendo la presión sobre los cuerpos de agua (Sepúlveda 2020, pág. 6).

Las siguientes son algunas de las principales áreas donde se utilizan las tecnologías de cuidado de cultivos: monitoreo, caracterización de suelos y aguas, uso adecuado de fertilizantes en nutrición y reducción del impacto ambiental. Actualmente se utilizan diversas tecnologías, incluida la agricultura de precisión, para mejorar el uso de estos

recursos durante la producción de cultivos (Coppiano y Herrera 2022).

Se creó un algoritmo para la detección de plagas o enfermedades mediante métodos de procesamiento de imágenes con el fin de preservar el valor nutricional y cultural de los cultivos (Izetta *et al.* 2020).

Sin embargo, es fundamental disponer de las técnicas adecuadas de procesamiento y análisis de la información para poder tomar decisiones adecuadas y beneficiarse de la riqueza de estos datos. La inteligencia artificial es una herramienta prometedora en la búsqueda de formas de mejorar la gestión de la información agrícola. Hoy en día la IA ha ido más allá de su asociación con la ciencia ficción y ha encontrado uso en una variedad de campos, incluida la predicción, la traducción instantánea, los vehículos autónomos, el reconocimiento facial y las recomendaciones de asistentes digitales (Hoyos *et al.* 2023).

Mejorar la rentabilidad de los agricultores es posible poniendo un fuerte énfasis en la aplicación y el uso de información de tecnologías emergentes para sintetizar y entregar herramientas de toma de decisiones. Estos procesos frecuentemente dependen de la interacción de varios sistemas, incluidos sensores, tecnologías de la información y la comunicación (TIC), procesamiento de imágenes mediante inteligencia artificial, análisis, modelos matemáticos estadísticos, ingeniería mecánica y otros mediante el uso de cuatro etapas (Coppiano y Herrera 2022).

Con el algoritmo, el proceso de supervisión utilizado en las plantaciones bananeras se tecnificará, aumentando la efectividad del proceso en la identificación de la plaga, lo que permitirá tomar acciones correctivas inmediatas, evitando afectaciones en la producción de un alimento tan crucial. para el mercado exterior y para nuestra nación (Sierra 2021).

Un algoritmo para detectar enfermedades o plagas en las hojas de las plantas cultivadas en fotografías. Para ello se utilizaron conocidas técnicas de procesamiento de imágenes digitales. Este proceso comienza con la captura de la imagen y luego se determina si hay una enfermedad o plaga presente o no analizando el color de la imagen. En el caso de que la hoja tenga alguna anomalía, se muestra el alcance del daño, junto con una medición de la anomalía (Izetta *et al.* 2020).

La misma fuente indica que los experimentos utilizan una variedad de muestras de hojas de plantas de cultivo dañadas y no saludables que se descargaron de Internet. El algoritmo sugerido logró identificar plantas de cultivo afectadas por una enfermedad o plaga y calcular una aproximación aceptable del porcentaje del área dañada.

Debido a su capacidad para desarrollar sistemas que imitan el comportamiento inteligente, la IA es una disciplina informática que ha ganado relevancia en diversos entornos. Esto permite el desarrollo de modelos de decisión en entornos complejos y no lineales, como la producción agrícola. Los algoritmos de aprendizaje automático son particularmente útiles en este contexto porque pueden entrenarse para analizar datos agrícolas y producir resultados comparables a los de un experto al extraer conclusiones de ejemplos (Hoyos *et al.* 2023).

La adopción de tecnología en la industria agrícola aún está en su infancia. Sin embargo, la importancia de la aplicación en este campo se debe principalmente a los dos entornos diferentes en los que se puede utilizar: cultivo al aire libre y cultivo protegido. Este último es el que más atención ha recibido porque permite elaborar productos de alta calidad y con mayores rendimientos en cualquier época del año, a la vez que alarga el ciclo de cultivo y posibilita la producción en las épocas más desafiantes. Pero para obtener estos productos se necesita la experiencia precisa e invaluable del agricultor (Coppiano y

Herrera 2022).

Aunque la aplicación de la IA a los sistemas agrícolas no es nueva, tanto la industria como la investigación están cada vez más interesadas en ella. Estos algoritmos se han utilizado en una variedad de aplicaciones, incluido el control de calidad, el diagnóstico, la detección temprana, la identificación de riesgos epidemiológicos y la detección de embarazos (Hoyos *et al.* 2023).

El desarrollo del algoritmo requiere varias iteraciones de procesamiento de imágenes para llegar a una segmentación suficiente que no identifique elementos cuando una hoja está sana o que proporcione información sobre la presencia de la plaga en la hoja. Se requiere inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático para respaldar el procesamiento y la clasificación de permisos. Esto permitirá que el algoritmo analice los datos resultantes y proporcione la respuesta adecuada para cada imagen (Sierra 2021).

La construcción de máquinas con procesos de pensamiento y comportamiento racional similares a los humanos se conoce como inteligencia artificial. En informática, un ser humano flexible y lógico con la capacidad de notar su entorno y tomar las medidas adecuadas sirve como modelo de máquina "inteligente". Maximice sus posibilidades de éxito al intentar ciertos objetivos o tareas del teléfono inteligente (Coppiano y Herrera 2022).

1.5.2. Potencialidades de la inteligencia artificial en la producción de la caña de Azúcar

El sector azucarero de la economía permite la producción de alimentos y productos derivados, los cuales son necesarios para otros sectores de la industria. Tiene el potencial de producir biocombustibles renovables que no añaden más CO₂ a la atmósfera, lo que lo convierte en un actor ambiental dominante. El proceso de molienda de azúcar ha

evolucionado con el tiempo, pero la cosecha aún requiere mucha mano de obra y no se han realizado avances tecnológicos para disminuir los efectos perjudiciales sobre la producción (Schneider *et al.* 2015)

El tiempo útil de trabajo de la cosechadora podría incrementarse en un 20 % con una buena organización cosecha-transporte-recepción, y como resultado, el tiempo perdido en los automóviles podría reducirse entre un 20 y 25 %. Sin una organización racional del trabajo, entre el 35 y el 40 % del tiempo total del día se pierde mientras los vehículos esperan ser cargados. La tarea se centra en determinar la composición racional del proceso de cosecha y transporte de la caña de azúcar con el objetivo de lograr una utilización eficiente de los recursos materiales, humanos y financieros (Ramírez y López: 2014).

El tema de que la caña se rompa por la fuerza del viento, por eventos climáticos o incluso por su propio peso a medida que crece aún no está resuelto. Su presencia tiene un impacto significativo en las pérdidas agronómicas e industriales, pero hasta el momento no existe una forma precisa y objetiva de medirlo en el cultivo (Schneider *et al.* 2015).

Las herramientas de aprendizaje automático e inteligencia artificial (IA) están encontrando cada vez más uso como resultado de la necesidad de integrar la tecnología al campo para mejorar la precisión y la vida de los productores agrícolas. La base de la agricultura digital y de precisión, la interferencia de las malas hierbas, se puede reducir de forma eficaz utilizando menos herbicidas gracias a la inteligencia artificial (IA) (Mazetti *et al.* 2022).

Según los estudios, se ha desarrollado un archivo web de imágenes digitales relacionadas con los cultivos, que permite sistematizar los conjuntos de datos y organizar un gran número de imágenes. Es posible compartir información, garantizar la seguridad e integridad de los datos y fomentar un trabajo en equipo eficaz conectando lotes de imágenes con proyectos y posteriormente con usuarios vinculados a

roles (Schneider *et al.* 2015).

El objetivo principal de la teoría de colas no es optimizar el sistema de servicios masivos; más bien se trata de caracterizarlo utilizando los parámetros pertinentes que forman la base para la creación de modelos económico-matemáticos vinculados a los modelos de cola. El cálculo de la Empresa Azucarera Argentina, por ejemplo, no debería ser el mismo que si se realizara en otro municipio, lo que ilustra el inconveniente de la teoría de las colas. Como resultado, un algoritmo de previsión de camiones que fuera lo suficientemente eficaz como para determinar el número necesario de camiones (Ramírez y López: 2014).

Recientemente se ha producido un rápido desarrollo en la tecnología de redes neuronales artificiales. Podemos observar el uso de redes neuronales artificiales en el análisis exploratorio de la toma de decisiones en el sector agrícola. Se han utilizado dos técnicas fundamentales, el análisis de datos históricos y el análisis de imágenes para la clasificación de kilogramos, demostrando una comparación de los resultados. utilizando redes neuronales (Navarrete y Castillo 2019).

Asociar metadatos y datos a las imágenes, como las coordenadas del lugar de captura, variedad de cultivo, especificaciones de la fotografía, ubicación, segmentaciones, posprocesamiento, etc., facilita las búsquedas. Los cálculos con dichos datos también producen información útil, como superficies implantadas, superficies impactadas por fenómenos climáticos y enfermedades, etc. Para permitir la integración en "pipelines" con otras aplicaciones, el sistema permite el uso directo de imágenes del servidor mediante una ruta directa (Schneider *et al.* 2015)

La red neuronal que procesaba la temperatura, la humedad, la velocidad del viento y la probabilidad de lluvia para inferir la posible aparición de una plaga o enfermedad específica en el cultivo se hizo

fácil de usar y funcional correctamente. El tiempo promedio requerido para realizar la detección o diagnóstico de una plaga o enfermedad se redujo de 17:07 a solo 6:01. Esto se debe a los síntomas fáciles de identificar del sistema y al procesamiento de los mismos por parte de una red neuronal, que optimiza el tiempo de respuesta y la identificación de la plaga o enfermedad (Guevara 2023).

El desarrollo se basa en un modelo de tres niveles y está programado en Java. El marco Vaadin, que es la base de la interfaz de usuario web, nos permite crear interfaces amigables, atractivas y efectivas. Utilizando "Java Persistent Api (JPA) y Eclipselink", se implementó un mapeo de objetos relacionales para la lógica empresarial. El motor de base de datos para datos persistentes fue PostgreSQL (Schneider et al. 2015)

Debido a esto, se consideró el uso de técnicas de inteligencia artificial (IA) para resolver el problema. Sin embargo, es crucial desarrollar investigaciones encaminadas a su solución, apoyados en el actual desarrollo de las nuevas tecnologías de la información, con el fin de dar solución a este problema y a todas las dificultades que engloba desde la perspectiva de las herramientas informáticas. Debido a todos los métodos creados para la adquisición de conocimiento y el aprendizaje automático, las técnicas de inteligencia artificial son muy interesantes para el desarrollo de herramientas como estas (Ramírez y López 2014).

Los métodos de inteligencia artificial (IA), en particular el aprendizaje profundo, son ahora una herramienta exitosa para el procesamiento automático de diversos tipos de imágenes, así como para el reconocimiento y delimitación automatizados de objetos. Es un concepto que deriva de la idea de utilizar hardware y software para simular el cerebro y el sistema visual con el fin de crear inteligencia artificial pura utilizando una capacidad de abstracción jerárquica, es decir, una representación de los datos de entrada en varios "niveles" (Caicedo 2022).

Algunas de las técnicas para la segmentación de imágenes multispectrales surgieron de la combinación de preprocesamiento estadístico y redes neuronales, mientras que otras surgieron del filtrado de estandarización del brillo, la extracción de características de textura y los árboles de decisión (Schneider *et al.* 2015)

La inteligencia artificial (IA) puede posibilitar el establecimiento de un nuevo campo de trabajo encaminado a diseñar procesos útiles y rentables para la optimización de los procesos de cosecha, transporte y recepción de la caña de azúcar en el país, en términos de costos y tiempos. El objetivo de conseguir que las máquinas simulen el comportamiento humano, con capacidad propia para tomar decisiones por sí mismas, empieza a tener un auge importante. Estos bienes serán programas de consulta que pueden ayudar a resolver problemas. (Ramírez y López 2014).

La inteligencia artificial, y más específicamente las redes neuronales, se pueden utilizar para abordar problemas que actualmente pueden generar altos costos y largos tiempos de espera para el procesamiento de la información. En nuestra situación logramos crear un flujo de procedimientos de procesamiento de imágenes aéreas con el objetivo de calcular la población de cultivos y áreas de despoblamiento en los predios de la Compañía Azucarera Valdez S. A. (Caicedo 2022).

Los expertos en la materia han otorgado altas calificaciones al confiable producto por el uso de redes neuronales en la detección y prevención de plagas y enfermedades, así como por los tratamientos recomendados y la capacidad de monitorear su efectividad mediante el registro de actividades. Respecto a la información de confiabilidad, utilidad y facilidad de uso del sistema, se encontró que el 84 % de los agricultores lo calificó como “confiable” o “muy confiable”, el 66 % lo calificó como “fácil” o “muy fácil” y el 66 % lo calificó como “fácil” o “muy fácil”. El 100 % consideró que era “útil” o “muy útil” cuando se utilizaba en el lugar de trabajo (Guevara 2023).

El uso de GANs, en el caso de Real-ESRGAN, y redes convolucionales para el modelo que propusimos, CaneCONV ID, respectivamente, permite mejorar la resolución de imágenes afectadas por fallas en el proceso de captura fotográfica e identificar superficies poblacionales y despobladas de cultivos de caña de azúcar. demostrando que el código utilizado durante todo el proceso funciona de manera óptima (Caicedo 2022).

Como resultado del entrenamiento correcto de una red neuronal con datos históricos de detecciones anteriores, esto permitió que la red neuronal hiciera inferencias más precisas, lo que llevó a una precisión del 83 por ciento al diagnosticar una plaga o enfermedad en el cultivo de caña de azúcar. de acuerdo con el grupo de síntomas ingresados. (Guevara 2023).

Es posible encontrar el umbral ideal entre estas dos zonas de evaluación utilizando la programación tradicional para el paso final de calcular el porcentaje de población y despoblación en las imágenes aéreas. Se definió una relación basada en el área total de la imagen para expresar cada parámetro como un porcentaje. Las áreas cultivadas se obtienen contando píxeles y según la clasificación, tomando los píxeles de máxima saturación un color oscuro y las zonas despobladas con los píxeles de mínima saturación tomando un color blanco (Caicedo 2022).

Según su etimología la palabra fotogrametría deriva de las palabras foto del griego, luz, grama y metría de medida, por cómo se puede resumir de una forma simple, se trata de plasmar la realidad proporcionada y a escala mediante imágenes. La técnica fotográfica es capaz de crear objetos 3D en 2 dimensiones, lo que se consigue con la fotogrametría es revertir el proceso y obtenerla información gráfica de objetos 3D formados en fotografías. Lo que consigue la fotogrametría mediante una fotografía desde al menos dos perspectivas distintas y a través de un "cerebro" como el software agisoft es regenerar el modelo

3D original (Vergara 2019).

Generalmente conocidos como Drones, son estructuras aéreas autónomas o también pueden ser pilotadas a distancia. Poseen diversos usos en distintos ámbitos, tales como: Fotografía, Topografía, Fotogrametría, Geología, Publicidad, Meteorología, Agricultura, entre otras. Cabe destacar que pueden existir diversos tipos de drones, dependiendo del tipo y peso (Ortega 2015)

Aunque podemos pensar que los cuadricópteros o drones son una novedad y surgieron hace poco tiempo, no es verdad. Los primeros modelos se remontan a los años 20, aunque el diseño y las posibilidades de control eran bastante diferentes. La tecnología de materiales, que ha logrado que cada vez sean más ligeros, así como la miniaturización de componentes, hace posible que hoy contemos con drones de tamaños y prestaciones muy diversas. Desde los mini drones de recreo hasta los destinados a control y vigilancia, hay un amplio listado de modelos (Machado y Pertúz 2020).

El funcionamiento de un dron es básicamente el mismo que el de un avión o un helicóptero. Se ponen en marcha los motores y las aletas se mueven para posibilitar el vuelo. Después, con los mandos de control se va dirigiendo el vuelo, que dependerá en gran medida de los conocimientos y la pericia del piloto. En algunos casos, es posible fijar un rumbo de forma automática. Los modelos que lo permiten incorporan un GPS que permite ir corrigiendo el vuelo y ajustarlo hasta llegar al punto indicado. Estos se sumen usar para realizar rondas de observación cíclicas, sin que haga falta un piloto que lo controle. Simplemente se observa lo que recoge la cámara, que se envía en tiempo real o se graba dependiendo del caso (Machado y Pertúz 2020).

La fotogrametría es la técnica cuyo objetivo es el determinar las dimensiones y posición de objetos en el espacio a partir de imágenes fotográficas, esto se consigue a través de la medida o medidas

realizadas a partir de la intersección de dos o más fotografías, por medio de la fotogrametría podemos obtener modelos digitales de terreno que pueden ser utilizados para el diseño de vías (Yamasqui 2022).

El plan de vuelo se tiene que realizar con aplicaciones encargadas de la comunicación con el piloto automático, este se compone de una serie de Way Points por los que debe sobrevolar el DRONE, teniendo coordenadas en latitud, longitud y altura, además velocidad (Ruales, 2018).

La ejecución de un vuelo fotogramétrico tiene como objetivo principal, el volar en una determinada superficie geográfica, describiendo trayectorias o líneas de vuelo paralelas a una velocidad y altura constante. Dentro de una pasada, la cámara tomará exposiciones de tal modo que las fotografías cuenten con un traslape considerable para poder realizar la reconstrucción del terreno a medir, esto es, se tendrá un recubrimiento longitudinal prefijado entre fotogramas adyacentes entre dos pasadas o vuelos consecutivos, generalmente voladas en sentido inverso, existirá otro solape o recubrimiento transversal, previamente fijado (Yamasqui 2022).

El análisis económico realizado al método de fumigación con drones que realiza la empresa AGROAZUCAR ECUADOR S.A, demostró diferencias parciales, especialmente en la aplicación de herbicidas y plaguicidas para una superficie de 14.496,50 ha con un costo de \$ 36.241,25 dólares estadounidenses, mientras que la aplicación de fertilizantes demanda de \$ 41.677,44 dólares estadounidenses. Por lo tanto, la usabilidad de este proceso genera una mayor rentabilidad, además de beneficios adicionales como la efectividad en la aplicación de insumos y la optimización de los recursos humanos y económicos (Ronquillo 2021).

La misma autora indica que los resultados obtenidos al analizar el

método de fumigación con drones y el método tradicional en el cultivo de la caña de azúcar, mediante una comparación de eficiencia relativa, determinó que la mejor opción para el proceso de fumigación que debería asumir la empresa AGROAZUCAR ECUADOR S.A, es la de Fumigación con Drone Agras T16, el mismo que tiene un rendimiento de 6 hectáreas por hora a un costo de \$ 15,00 dólares estadounidenses la hora, con un total de \$ 36.241,25 dólares estadounidenses para las actividades de aplicación de herbicidas y plaguicidas.

1.6. Hipótesis

Ho= No es importante la inteligencia artificial en la proyección de su producción de cultivo de Caña de Azúcar en Ecuador.

Ha= Es importante la inteligencia artificial en la proyección de su producción de cultivo de Caña de Azúcar en Ecuador.

1.7. Metodología de la investigación

La presente investigación se la realizó como parte del componente práctico para el trabajo de titulación de acuerdo a investigaciones recopiladas de artículos, revista, tesis y editoriales. Esta información es la síntesis de acuerdo la inteligencia artificial en la proyección de su producción de cultivo de Caña de Azúcar en Ecuador.

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

Este documento incluía proyecciones para la producción de caña de azúcar en Ecuador e información detallada sobre inteligencia artificial.

Los algoritmos, que son herramientas de aprendizaje matemático, se utilizan para crear inteligencia artificial, junto con los datos necesarios para entrenar los algoritmos.

2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)

- Los productores del sector agrícola del Ecuador no pueden negociar con los consumidores debido a que los precios de venta de su producto se determinan utilizando una lista de referencia. Al ser tan elevadas las inversiones iniciales, junto con los cambios, los fenómenos climáticos y el tiempo, se crean una serie de barreras para los agricultores y en la comercialización de sus productos.
- Existen factores que exigen una alta inversión por parte de quienes dedican su vida a esta actividad entre la siembra y la cosecha.
- A pesar de los importantes avances en el sector agrícola, la IA todavía tiene un impacto inferior al promedio en las actividades agrícolas en comparación con su potencial y sus efectos en otros sectores. A pesar de estos obstáculos, todavía queda mucho por hacer para avanzar en la agricultura e incorporar actividades basadas en la IA.
- En la actualidad se presenta un uso limitado de la tecnología en la agricultura local, particularmente en la implementación de soluciones para pequeños y medianos agricultores que apuestan por el cultivo en parcelas o fincas agroecológicas y carecen del financiamiento necesario para la implementación

de sensores y software de predicción por obtención de datos para agricultura de precisión.

2.3. Soluciones planteadas

- La capacidad de un sistema inteligente o experto para completar tareas con precisión en un corto período de tiempo es una característica crucial. La mayoría de los sistemas son inexactos o lentos para responder, o incluso ambas cosas. La elección de tácticas y tareas se ve afectada por retrasos en el sistema.
- La instalación de sistemas técnicos para gestionar la variabilidad espacial y temporal en asociación con todos los aspectos de la producción agrícola es parte de la tecnología de agricultura de precisión o agricultura inteligente. Esto se hace para mejorar la respuesta de los cultivos y la calidad ambiental en las parcelas de fincas agroecológicas.
- Es importante para mejorar la producción el uso de herramientas tecnológicas apoyadas en inteligencia artificial basadas en máquinas de vectores de soporte de predicción, la aplicación de procesos de agricultura inteligente permitirá gestionar las parcelas agrícolas en base a la observación, la medición y la acción, aumentando así la rentabilidad de los cultivos y su calidad, cantidad y rendimiento.

2.4. Conclusiones

Las conclusiones planteadas son:

- Con la ayuda de inteligencia artificial y herramientas de agricultura de precisión como sensores, drones y sistemas de monitoreo, se puede recopilar información precisa sobre la calidad del suelo, la humedad, la salud de las plantas y otras variables importantes.
- A medida que la población mundial siga creciendo, la presión sobre la industria

agrícola no hará más que aumentar. Como resultado, la tecnología agrícola y la agricultura de precisión se han vuelto muy importantes en el mundo moderno.

- El uso de drones para fotografiar los cultivos e identificar regiones con baja producción es un ejemplo de la caña de azúcar. La inteligencia artificial se utiliza para analizar las fotos después de subirlas a la nube Azure de Microsoft. Como resultado, puede enumerar los elementos que se cosecharán.
- Diversas técnicas impulsadas por IA, como sensores remotos para medir el contenido de humedad, temperatura y PH del suelo, así como el riego automatizado mediante GPS, mejoran la gestión de las técnicas utilizadas en la agricultura, especialmente en el cultivo de caña de azúcar. Sin embargo, la aplicación de sistemas avanzados de IA tiene limitaciones relacionadas con la gestión e implementación de los equipos y la familiaridad del personal que trabaja en el sector agrícola con los mismos.
- Los modelos de inteligencia artificial creados y desarrollados en máquinas de vectores de soporte (SVM) permitieron la adquisición de información en la entrada y salida de datos del algoritmo entrenado basado en variables ambientales independientes como nitrógeno, fósforo, pH y lluvia en la aplicación de mapeo.
- La inteligencia artificial en caña de azúcar influye para que los productores cañeros generen un eficiente sistema de riego, aplicación de fertilizantes, disminuya la mano de obra, reduzcan la contaminación ambiental por el uso indiscriminado de pesticidas, lo que a su vez promueve la reducción de los costos de producción y a su vez incrementa la producción del cultivo de caña de azúcar.
- Los algoritmos de aprendizaje automático, ayudan a los agricultores cañeros a detectar de manera temprana la presencia de plagas y enfermedades en sus cultivos, lo que permite una intervención rápida y focalizada, reduciendo así el uso de pesticidas y minimizando los impactos negativos en el medio ambiente.

2.5. Recomendaciones

Las recomendaciones propuestas son:

- Identificar aspectos tecnológicos en la aplicación de la agricultura de precisión basada en enfoques agronómicos y ambientales o la reducción de la compactación relacionada con la actividad agrícola en el ajuste de las prácticas de cultivo, lo que permitirá el desarrollo de software aplicado a sistemas inteligentes para obtener mejores resultados utilizando técnicas de inteligencia artificial.
- Realizar una predicción de un resultado con mayores posibilidades a partir del manejo de datos representados en conjuntos de datos con grandes volúmenes de información, como parte del proceso de desarrollo de software e inteligencia artificial, se debe tener en cuenta que los algoritmos basados en el resultado de predicciones aplicadas a variables ambientales permitirán obtener niveles más precisos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre Rodríguez, E., Aguirre Rodríguez, C., Santos Fernández, J., Costa Nascimento, L., Da Silva, A., Silva Marins, F. 2022. Inteligencia artificial para detección y diagnóstico de enfermedades en cultivos de arroz. *Artificial Intelligence*, 3(1.770), 59. Disponible en <http://virtual.cuautitlan.unam.mx/intar/ceiaait/wp-content/uploads/sites/14/2023/02/Int-Art-10-18.pdf>
- Apolo Apolo, O. E., Egea Cegarra, G., Martínez Guanter, J., & Pérez Ruiz, M. 2019. *Estimación de parámetros biofísicos de interés para la mejora de trigo usando inteligencia artificial* (No. COMPON-2019-agri-3398). Disponible en <https://zagan.unizar.es/record/84444/files/3398.pdf>
- Caicedo, J., Acosta, P., Pozo, R., Guilcapi, H., Mejia-Escobar, C. 2022. Estimación de áreas de cultivo mediante Deep Learning y programación convencional. *arXiv preprint arXiv:2207.12310*. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Christian-Mejia-Escobar/publication/362250351_Estimacion_de_areas_de_cultivo_mediante_Deep_Learning_y_programacion_convencional/links/62df9b487782323cf17959d0/Estimacion-de-areas-de-cultivo-mediante-Deep-Learning-y-programacion-convencional.pdf
- Coppiano Marín, A. D., & Herrera Vargas, C. J. 2022 Desarrollo de aplicativo web basado en máquinas de vectores de soporte (svm) de aprendizaje supervisado para la predicción en la recomendación de cultivos mediante datos ambientales para fincas agroecológicas del cantón La Maná, provincia de Cotopaxi (Bachelor's thesis, Ecuador: La Mana: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)). Disponible en <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8457/1/UTC-PIM-000398.pdf>
- Guevara Briones, J. E. 2023. Sistema inteligente basado en redes neuronales para apoyar el control de plagas en cultivos de caña de azúcar de Lambayeque. Disponible en https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5757/1/TL_GuevaraBrionesJean.pdf
- Hoyos Patiño, J., Velásquez Carrascal, B., Rico Bautista, D., García Díaz, N. 2023.

- Impacto transformador de la inteligencia artificial y aprendizaje autónomo en la producción agropecuaria: un enfoque en la sostenibilidad y eficiencia. *Formación Estratégica*, 7(1), 40-55. Disponible en <https://formacionestrategica.com/index.php/foes/article/view/111/80>
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos).2023. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC). Boletín técnico. Disponible e: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2022/Bolet%C3%ADn_tecnico_ESPAC_2022.pdf
- Izetta Riera, J., Pérez Otero, N., Verazay, A., Paz, F., Battezzati, V., Chuca, R., ... & Arjona, F. 2020. Técnicas de inteligencia artificial aplicadas a problemas de visión por computadora. In *XXII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2020, El Calafate, Santa Cruz)*. Disponible en http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/103379/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Machado, M., & Pertúz, J. 2020. Análisis de la utilización de drones para el levantamiento topográfico en sitios habitados donde se presentan aguas estancadas en el Municipio de Ciénaga Magdalena. Disponible en <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/00d9434e-3863-45a5-8950-e68e6e3fd42b/content>
- Mazetti Marra, T., De Lima Silva, Y., Angeli Furlani, C. 2022. Inteligencia artificial en el control de las malas hierbas: perspectivas y perfeccionamientos. Disponible en https://web.archive.org/web/20221219232251id_/https://cointer.institutoidv.org/smart/2022/pdvagro/uploads/196.pdf
- Medina Cercado, J. M., & Urteaga Montoya, J. A. 2021. Impacto de la aplicación móvil “Healthy Plant” para detectar enfermedades foliares en cultivos de aguaymanto haciendo uso de inteligencia artificial con Custom Visión en la ciudad de Cajamarca 2021. Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/28251/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Navarrete Cedillo, G. A., & Castillo Villegas, K. G. 2019. Análisis y desarrollo de una aplicación para predecir toneladas de caña de azúcar anual mediante redes neuronales artificiales (Bachelor's thesis). Disponible en

<https://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/4824/1/ANLISI~1.PDF>

- Ortega, D. 2015. *Piloto de Dron (RPAS)*. Madrid, España: Paraninfo. Disponible en [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ERCKCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Piloto+de+Dron+\(RPAS\).+&ots=h3sLaj1JSw&sig=Tkg0t-UiU7Hdlu7QwZxruWc3oS8#v=onepage&q=Piloto%20de%20Dron%20\(RPAS\).&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ERCKCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Piloto+de+Dron+(RPAS).+&ots=h3sLaj1JSw&sig=Tkg0t-UiU7Hdlu7QwZxruWc3oS8#v=onepage&q=Piloto%20de%20Dron%20(RPAS).&f=false)
- Ramírez, N. M., & López, Y. M. 2014. La inteligencia artificial. Nuevo enfoque en la evaluación de las máquinas en el complejo cosecha–transporte–recepción de la caña de azúcar. *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(2), 60-64. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/5862/586262040010.pdf>
- Ronquillo Cujilán, K. 2021. Análisis económico del uso de drones versus el método tradicional en la producción de caña de azúcar en la empresa Agroazúcar Ecuador S.A. Disponible en <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/RONQUILLO%20CUJILAN%20KATHERINE%20LISSETTE.pdf>
- Ruales, D. 2018. Pertinencia del uso de drones en la caracterización geo espacial del módulo dos junta de agua de riego de la comuna Morlán, Imbabura [Universidad técnica del norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7880>
- Schneider, G., Solano, A., Kemerer, A., & Hadad, A. J. 2015. Gestión y procesamiento de imágenes aéreas de caña de azúcar. In *XVII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (Salta, 2015)*. Disponible en http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/45597/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Segovia, J. S. B., Rojas, F. A. D., & Quishpe, M. W. V. 2021. Estudio del uso de técnicas de inteligencia artificial aplicadas para análisis de suelos para el sector agrícola. *RECIMUNDO*, 5(1), 4-19. Disponible en <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/978/1672>
- Sepúlveda Casadiego, Y. 2020. Inteligencia artificial (IA) y sus aplicaciones en la agricultura moderna. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Yulian-Sepulveda-Casadiego-2/publication/344417581_Inteligencia_artificial_IA_y_sus_aplicaciones_en

[_la_agricultura_moderna_Artificial_intelligence_AI_and_its_applications_in_modern_agriculture/links/5f7372cb92851c14bc9fef9e/Inteligencia-artificial-IA-y-sus-aplicaciones-en-la-agricultura-moderna-Artificial-intelligence-AI-and-its-applications-in-modern-agriculture.pdf](https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/42374/vysierrag.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Sierra Guzmán, V. Y. 2021. Algoritmo de detección de mosca blanca por medio de inteligencia artificial en las hojas de plátano. Disponible en <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/42374/vysierrag.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Trejo-Zúñiga, E. C., & López-Cruz, I. L. 2012. Técnicas de inteligencia artificial en modelado y control del ambiente de invernaderos: estado del arte, parte 2. Disponible en <https://revistas.chapingo.mx/inagbi/revista/articulos/r.inagbi.2011.11.006.pdf>

Vásquez-Quispesivana, Wilfredo, Inga, Marianela, & Betalleluz-Pallardel, Indira. (2022). Inteligencia artificial en acuicultura: fundamentos, aplicaciones y perspectivas futuras. *Scientia Agropecuaria*, 13(1), 79-96. Epub 05 de enero de 2022. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.008>

Vergara-Chapa, S. M. 2019. Fotogrametría aérea para topografía en terreno irregular. Trabajo de Titulación para optar al Título de Técnico Universitario en Proyectos de Ingeniería, Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso-Chile. Disponible en <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/48048/3560901064648UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Yamasqui Sarmiento, J. D. 2022. Evaluación y valoración de levantamientos topográficos mediante aerofotogrametría y métodos tradicionales, utilizando estación total o GPS diferencial (Bachelor's thesis, Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo). Disponible en <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/9089/1/TESIS-CORREGIDA.pdf>