



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



**ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y
VETERINARIA**

CARRERA DE AGROPECUARIA

TRABAJO DE TITULACION

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

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

“Integración efectiva de las tecnologías de Big Data en la
agricultura”.

INGENIERO AGROPECUARIO

AUTOR:

Leyder Joel Bustamante Chang

TUTORA:

Lcda. Martha Uvidia Vélez, MSc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2024

RESUMEN

En la época actual, nos encontramos inmersos en una era donde el progreso del conocimiento y el uso de herramientas tecnológicas desempeñan un papel esencial en la configuración de la sociedad y su entorno. La influencia de la tecnología en la agricultura se revela como un factor crucial para el desarrollo económico del sector, mejorando la gestión de recursos, optimizando la toma de decisiones y elevando la eficiencia en la producción agrícola. En este contexto, la creciente inclusión de herramientas tecnológicas como Big Data para analizar volúmenes masivos y diversos de información ofrece la oportunidad de mejorar significativamente la gestión y los resultados en todas las etapas de la cadena de valor agrícola. Este trabajo de investigación se apoya en una amplia revisión bibliográfica para investigar la integración efectiva de las tecnologías de Big Data en la agricultura, subrayando su papel fundamental en la resolución de los desafíos complejos del sector agrícola. La adquisición del conocimiento a los ejemplos con relación al uso de Big Data en la agricultura, otorga una fuente de valor al entusiasmo y enseñanza para los productores agrícolas. Estos estudios prácticos brindan un amplio panorama de como la integración de herramientas tecnológicas de gestión de datos ha logrado impactar de manera positiva al sector agrario, influyendo en algunos aspectos como la productividad, la toma de decisiones y la eficiencia en sus prácticas. Se concluye que la incorporación de conocimientos sobre estas tecnologías no solo perfecciona la eficiencia operativa, sino que también impulsa la sostenibilidad en la agricultura, resaltando la importancia esencial de la tecnología.

Palabras claves: Productividad, Eficiencia, Rendimiento, Sostenibilidad, Big Data.

SUMMARY

In the current era, we find ourselves immersed in an era where the progress of knowledge and the use of technological tools play an essential role in the configuration of society and its environment. The influence of technology in agriculture is revealed as a crucial factor for the economic development of the sector, improving resource management, optimizing decision making and increasing efficiency in agricultural production. In this context, the growing inclusion of technological tools such as Big Data to analyze massive and diverse volumes of information offers the opportunity to significantly improve management and results at all stages of the agricultural value chain. This research work is supported by an extensive literature review to investigate the effective integration of Big Data technologies in agriculture, highlighting its fundamental role in solving the challenges of the agricultural sector. The acquisition of knowledge from examples in relation to the use of Big Data in agriculture provides a source of value for enthusiasm and teaching for agricultural producers. These practical studies provide a broad overview of how the integration of technological data management tools has managed to positively impact the agricultural sector, influencing some aspects such as productivity, decision making and efficiency in its practices. It is concluded that the incorporation of knowledge about these technologies not only improves operational efficiency, but also promotes sustainability in agriculture, highlighting the essential importance of technology.

Keywords: Productivity, Efficiency, Performance, Sustainability, Big Data.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	II
SUMMARY	III
1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS	4
1.4.1. Objetivo General	4
1.4.2. Objetivos Específicos	4
1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	4
2. DESARROLLO	5
2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	5
2.1.1. Origen del Big data	5
2.1.2. Tecnología Big Data	6
2.1.3. Características del Big Data.....	7
2.1.4. Big Data en la agricultura	8
2.1.5. Tecnologías claves fundamentadas en el Big Data empleadas en la agricultura.....	9
2.1.6. Ejemplos de la integración efectiva de la tecnología Big Data en el sector agrícola	11
2.1.7. Importancia de la tecnología Big Data en la agricultura	15
2.1.8. Beneficios de la tecnología Big Data en la agricultura	16
2.2. MARCO METODOLÓGICO	17
2.3. RESULTADOS.....	18
2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	19
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	21
3.1. Conclusiones.....	21
3.2. Recomendaciones.....	22
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ANEXOS	23
4.1. REFERENCIAS.....	23
4.2. ANEXOS	30

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN.

La agricultura desempeña un papel estratégico crucial en el desarrollo global y el bienestar de las comunidades. Este sector no solo constituye un pilar fundamental para el crecimiento económico con equidad social, sino que también contribuye de manera significativa a la prosperidad en las zonas rurales y a nivel nacional. La consecución de la seguridad alimentaria y la erradicación de la pobreza están estrechamente vinculadas al papel esencial de la agricultura. Para lograr un aumento sostenible de la productividad en este ámbito, es imperativo llevar a cabo una transformación integral que incorpore diversas innovaciones agrícolas. Estas deben diseñarse no solo para garantizar la productividad, sino también para fomentar la sostenibilidad y sustentabilidad en la agricultura (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura 2017).

Con el progreso de las tecnologías de la información y el fenómeno de la globalización a lo largo de los años, hemos sido testigos de avances que anteriormente parecían inimaginables. Estos progresos han posibilitado un acceso ampliado a la información, una obtención más ágil de la misma y un respaldo para llevar a cabo tareas cotidianas en cualquier rincón del mundo con conexión a internet (Salamanca 2021).

La introducción de tecnologías en la agricultura puede desplegarse en diversas modalidades. En este sentido, estos enfoques modernos posibilitan la obtención de datos relevantes, facilitando análisis que conducen a una mejor optimización en la gestión de los recursos disponibles. Además, estas herramientas tecnológicas permiten la automatización y mejora de la eficiencia en las labores agrícolas, propiciando así un avance significativo en la productividad de los cultivos (Agrupación para Tratamientos Integrados en Agricultura 2020).

El Big Data ha generado notables beneficios en la agricultura al posibilitar la gestión eficiente de extensas cantidades de datos recolectados y almacenados. Estos datos no solo se originan en las actividades humanas, sino también en factores climáticos como la velocidad del viento, la temperatura del aire y la presión del ambiente. Esta información es esencial para apoyar la toma de decisiones,

minimizando así el riesgo de error en el control de los cultivos y aumentando la productividad en el sector agrícola (Bermeo *et al.* 2022).

Los mismos autores mencionan que, la integración del Big Data en la agricultura, mediante herramientas inteligentes que emplean sensores, cámaras y satélites, no solo busca mitigar pérdidas económicas y de productos agrícolas al detectar tempranamente plagas y enfermedades, sino que también juega un papel clave en la promoción de prácticas más sostenibles. Esta herramienta tecnológica, al brindar información contundente en mención a las condiciones del clima y a las necesidades requeridas por los cultivos, proporciona una planificación más eficaz hacia la sostenibilidad, asistiendo a obtener una agricultura más amigable con el medio ambiente y llegar a ser económicamente accesible.

El medio del Big data hace mención a temas muy importantes, como el caso de la agricultura de precisión, la cual detalla la compilación de almacenamiento de datos de gran interés en la agricultura. Asimismo, se ha indagado la relación existente entre la interconexión del internet de las cosas (IoT) con el Big Data, predominando contribuciones tecnológicas eficientes, como la integración de sensores inteligentes, así como herramientas integradas al clima y a la anticipación de presencia de plagas. Estos avances tecnológicos han facilitado la recopilación de información para prevenir problemas en la agricultura y respaldar la toma de decisiones informadas en este ámbito (Cantalejo 2020).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La agricultura desempeña un papel esencial en la economía, constituyendo un pilar fundamental para la seguridad alimentaria y el sustento de diversas comunidades. A pesar de los notables avances tecnológicos en varios países, la adopción eficiente de tecnologías de Big Data en la agricultura de algunos sectores del mundo aún está en una fase inicial. Este rezago tecnológico presenta desafíos significativos que impactan directamente en la productividad y sostenibilidad del sector agrícola a nivel mundial.

Basado en este antecedente, el principal problema es la falta de integración efectiva de tecnologías de Big Data en la agricultura, lo cual limita la capacidad de los agricultores para tomar decisiones fundamentadas y optimizar sus prácticas

agrícolas. La escasa recolección, procesamiento y análisis de datos en tiempo real impiden aprovechar al máximo la información disponible para mejorar la eficiencia en el uso de recursos, gestionar riesgos y enfrentar los desafíos climáticos.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La pretensión de este trabajo bibliográfico es brindar información de manera contundente y precisa, con el fin de abordar la integración efectiva de tecnologías de Big data en el sector agrícola, permitiendo a su vez mejorar la eficiencia y la sostenibilidad en este sector. Estas tecnologías lograrán proporcionar la optimización de recursos, como el suelo y el agua, a través de la compilación y distinción minuciosa de los datos. También se logrará prever posibles amenazas que intenten perjudicar la vida en el cultivo, y otros principios como plagas o enfermedades, pudiendo mejorar significativamente las tomas de decisiones.

Asimismo, estas herramientas tecnológicas proponen mejorar significativamente la calidad y cantidad productiva del cultivo, con el fin de integrar un monitoreo en tiempo actual sobre las condiciones en las cuales se encuentren las tierras agrícolas. Esto incorpora el reconocimiento temprano sobre incidencias como plagas o enfermedades, logrando obtener una solución rápida y perdurable. La sostenibilidad ambiental también se ve beneficiada, puesto que el Big Data en la agricultura asiste de manera principal a la disminución de residuos y a al uso de cantidades precisas sobre los insumos agrícolas, logrando así la disminución a la explotación del ecosistema.

La justificación se sujeta en la disposición que brinda el Big Data para recopilar, administrar, procesar y analizar los enormes volúmenes de datos, logrando obtener información eficaz para la toma de decisiones. También se emplea los diferentes ejemplos sobre la integración del Big Data, con la finalidad de otorgar conocimiento sobre las diferentes maneras de cómo es empleada esta tecnología en la agricultura, propiciando así un avance significativo en la practicas agrícolas.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

- Describir la integración efectiva de la tecnología Big Data en la agricultura.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Detallar las principales tecnologías Big data empleadas en la agricultura.
- Exponer algunos ejemplos de la integración efectiva de la tecnología Big Data en el sector agrícola.

1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación está enfocada dentro de los dominios de la Universidad Técnica de Babahoyo de Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología. El enfoque principal de este estudio se centra en la: Integración efectiva de tecnologías de Big Data en la agricultura. En este contexto específicamente, se aborda el Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y en la Sublíneas de Agricultura sostenible y sustentable.

2. DESARROLLO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Origen del Big data

A lo largo de la historia, la sociedad ha registrado y preservado información en diversas formas: antiguas civilizaciones, como los egipcios y mayas, dejaron evidencias en papiros, tallados en piedra e ilustraciones, incluso en la época paleolítica, se emplearon métodos rudimentarios, como palos o muescas de huesos, para el almacenamiento de datos, señalando el interés ancestral por recopilar, contar y conservar información (anexo 1). Con el tiempo, surgieron herramientas como el ábaco y las primeras bibliotecas para almacenar y consultar conocimiento. La llegada de la primera computadora mecánica permitió predecir posiciones astronómicas, mientras que los siglos posteriores vieron el análisis de datos estadísticos, el surgimiento del término "Big Data", el desarrollo de bases de datos relacionales y el impacto del internet (Sansores 2020).

La historia del Big Data se remonta antes del actual auge, siendo el término empleado por primera vez en 1997 en un estudio de la NASA, por Michael Cox y David Ellsworth. En 2001, Gartner definió el modelo "V3" en gestión de datos. En 2004, Google introdujo MapReduce, seguido por la creación de Hadoop por Yahoo en 2005. Este último fue cedido a la Apache Software Foundation como código abierto, marcando el inicio del auge del Big Data. En 2004, con la web 2.0, surge el auge de blogs y redes sociales, incrementando exponencialmente el volumen de datos. IBM señala que el 90% de los datos del mundo actual se generaron en los últimos dos años. La miniaturización y abaratamiento de sensores, junto con la interconexión de objetos, contribuyen al internet de las cosas como una fuente importante de datos para el Big Data (Galimany 2014).

En un sentido más amplio, la proliferación de datos en los últimos años ha sido una tendencia innegable. Desde la mitad de la primera década del siglo XXI, el aumento de dispositivos conectados a Internet, combinado con el auge de las redes sociales, ha desencadenado una explosión en la cantidad de datos disponibles. Una parte significativa de estos datos se encuentra en formato abierto y es accesible, lo que posibilita su aprovechamiento por diversos actores, incluyendo empresas (Gómez y Conesa 2014).

Los mismos autores mencionan que, aunque los datos masivos son una realidad, la mera abundancia de información no constituye un valor intrínseco. La verdadera importancia de los datos radica en su capacidad para ser analizados e interpretados, no simplemente en su generación. Así, la relevancia de los datos no solo depende de su disponibilidad, sino también de la presencia de tecnologías que posibiliten su procesamiento y análisis de manera efectiva.

2.1.2 Tecnología Big Data

La definición común de Big Data destaca que se trata de datos provenientes de una amplia gama de fuentes, que llegan en volúmenes crecientes y a una velocidad cada vez mayor, y que su complejidad requiere de tecnologías y métodos específicos para su almacenamiento, procesamiento y análisis eficientes (Anexo 2). Este aumento en crecimiento, velocidad y complejidad de los datos es impulsado por la integración masiva de sensores inteligentes y dispositivos, como los vinculados al Internet de las Cosas (IoT), así como por otras fuentes que proporcionan datos estructurados y semiestructurados (Asociación Española de Banca 2017).

El Big Data no se limita únicamente a la acumulación masiva de datos, sino que también incorpora características esenciales como la diversidad de información y la rapidez en el acceso y procesamiento. En la actualidad, ya no es suficiente con simplemente transferir información; es imperativo interactuar con los datos de manera que se pueda extraer un mayor beneficio de la creciente cantidad de información que se genera minuto a minuto (Hernández *et al.* 2017).

Sansores (2020) indica en este proceso tres elementos esenciales que describen de manera concisa al Big Data:

- **Datos:** se refiere a la información elemental que, carente de relevancia por sí misma, carece de un propósito o utilidad definidos. Un ejemplo podría ser el simple nombre de una persona.
- **Información:** representa el conjunto de datos que ha sido procesado y organizado para su comprensión, adquiriendo relevancia y propósito. La importancia de la información radica en la capacidad para proporcionar soluciones y respaldar la toma de decisiones.

- **Conocimiento:** implica la adquisición de información valiosa con el objetivo de comprender mediante la razón. Este proceso conduce a un aprendizaje continuo a través de la experiencia, involucrando la toma de decisiones informadas.

2.1.3 Características del Big Data

Desde una perspectiva evolutiva, la generación de grandes volúmenes de datos no constituye una novedad. El avance hacia el Big Data representa una ampliación de la ancestral búsqueda de la humanidad por medir, registrar y analizar el entorno que la rodea. Empresas de diversas índoles han empleado sus datos y realizado análisis a lo largo de décadas. No obstante, el Big Data se distingue por su complejidad, lo que implica la necesidad de utilizar tecnologías avanzadas y algoritmos potentes. Las herramientas convencionales y estáticas ya no son eficaces para el análisis de masivos volúmenes de datos. (Wenhong 2014).

Schroeck *et al.* (2012) nos menciona que la definición más extendida de Big Data se basa comúnmente en estas tres dimensiones que son:

2.1.3.1. Volumen

La dimensión del volumen, a menudo vinculada con mayor frecuencia al concepto de Big Data, se refiere a las enormes cantidades de datos que las organizaciones buscan utilizar con el fin de mejorar la toma de decisiones en todos los niveles empresariales.

2.1.3.2. Velocidad

El aspecto de velocidad se refiere al ritmo creciente con el cual los datos son creados, procesados y analizados. Este aumento en la velocidad se atribuye a la naturaleza en tiempo real de la generación de datos y a la necesidad de incorporar estos datos de manera inmediata en los procesos de negocio y la toma de decisiones.

2.1.3.3. Variedad

Manejar la diversidad en el Big Data implica abordar la complejidad de datos, desde estructurados hasta no estructurados. Las organizaciones deben integrar información de diversas fuentes, convencionales y no

convencionales, internas y externas. Con la proliferación de sensores, dispositivos inteligentes y tecnologías de colaboración social, la generación de datos se presenta en innumerables formas, como texto, datos web, tuits, datos de sensores, audio, video y más.

2.1.4. Big Data en la agricultura

Antes de la evolución del Big Data, las prácticas agrícolas se basaban tradicionalmente en métodos manuales, dependiendo del criterio, intuición y experiencia de los agricultores. Las tareas se llevaban a cabo con la ayuda de calendarios manuales, sin el respaldo de las nuevas tecnologías. Sin embargo, gracias a la evolución de Big Data, ahora es posible tomar decisiones más informadas y capturar datos de manera eficiente (Bermeo *et al.* 2022).

La agricultura está experimentando una revolución gracias a la incorporación de herramientas y sistemas impulsados por Big Data. En este contexto, se emplean datos para mejorar la eficiencia y minimizar el impacto ambiental (Anexo 3). La capacidad computacional actual ha facilitado la recopilación, intercambio, procesamiento y síntesis de datos, influyendo en aspectos agrícolas como maquinaria, optimización de semillas, fertilizantes, riego y gestión predial. Aprovechar el valor de Big Data requiere procesar y analizar los datos de manera oportuna, y los resultados deben respaldar las decisiones operativas. La efectividad en su utilización depende de lograr una combinación adecuada de personal, procesos y tecnologías (Pérez 2021).

La agricultura es un proceso altamente complejo en el cual interactúan factores biológicos, climáticos y acciones humanas. A finales de los años, los productores agrícolas integraron tecnologías de precisión en sus prácticas. Con ayuda de la disposición de GPS y demás tecnologías, ahora podrán realizar una búsqueda detallada de los rendimientos, así mismo orientar y tomar el control de las maquinarias, a su vez inspeccionar en qué condiciones se encuentra el campo y llevar registro sobre los insumos de una manera excepcional. Esta adopción de tecnologías de precisión permite aumentar la productividad y la rentabilidad al gestionar de manera más eficiente los recursos dentro de los campos agrícolas (Fernández 2020).

2.1.5. Tecnologías claves fundamentadas en el Big Data empleadas en la agricultura.

Una perspectiva para abordar las áreas de aplicación de Big Data es mediante varias tecnologías, como sensores, GPS, drones e Internet de las cosas. Estas tecnologías se emplean para controlar, visualizar y analizar datos, provenientes de campos diversos como la ingeniería de software, estadística, inteligencia artificial, entre otros (Mishra *et al.* 2015). Estas herramientas brindan ventajas sustanciales en el cuidado y la prevención de los cultivos, posibilitando el cálculo preciso de información para respaldar decisiones informadas. (Almeida *et al.* 2022).

2.1.5.1. Principales herramientas de Big Data empleadas en la agricultura

En el ámbito de las tecnologías agrícolas, existen términos específicos que son cruciales comprender para entender cómo opera la Big Data en este contexto.

2.1.5.1.1. Sensores inteligentes

La introducción de sensores inteligentes en la agricultura ha sido clave para la transformación digital de las explotaciones agrícolas. Estos sensores, al detectar datos esenciales, posibilitan la evaluación del estado de los cultivos, permitiendo planificar intervenciones específicas mediante análisis y comparaciones (Anexo 4). El aprovechamiento de estos datos en el proceso de toma de decisiones no solo disminuye la necesidad de mano de obra en los campos, sino que también garantiza una mayor calidad en las operaciones, especialmente en actividades de monitoreo, al tiempo que reduce el consumo de recursos (AGRICOLUS 2022).

2.1.5.1.2. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

El Sistema de Información Geográfica (SIG) se emplea para definir y categorizar la Tierra y otros lugares geográficos, con el propósito de visualizar y analizar la información asociada a estos espacios (Ortiz y Villamar 2020). En el ámbito agrario, esta tecnología permite a los agricultores gestionar datos de satélites y otros sensores mediante bases de datos georreferenciadas (Anexo 5). Estas aplicaciones incluyen la reducción del riesgo de desastres, el monitoreo del cambio en el uso de la tierra, la

detección de variaciones climáticas, la cartografía del subsuelo, la identificación de áreas de drenaje y la localización de humedales (García *et al.* 2020).

2.1.5.1.3. Internet de las Cosas (IoT)

El Internet de las cosas (IoT) se configura como una red conformada por dispositivos físicos inteligentemente interconectados, capaces de recopilar datos del entorno y facilitar la interacción, comunicación y aplicación entre objetos (Rueda y Portocarrero 2017). En el ámbito agrícola, el uso del IoT se describe como una tecnología que administra múltiples sensores en redes, lo que permite obtener información de los campos agrícolas en tiempo real. El estudio de los datos es transmitido de forma rápida a los agricultores, instruyéndolos para que logren tomar una decisión más óptima basado en la información receptada (Pérez *et al.* 2019).

2.1.5.1.4. Teledetección satelital

La Teledetección satelital, se presenta como una valiosa herramienta que posibilita la observación no destructiva de los cultivos a gran escala de manera remota (Anexo 6). Mediante el uso de imágenes satelitales, se logra obtener series temporales que permiten realizar un seguimiento detallado del estado fenológico de los cultivos. Esta tecnología no solo identifica patrones de crecimiento, sino que también detecta posibles anomalías como plagas y enfermedades, así como evalúa los requerimientos de agua y otros factores que influyen en la producción agrícola (Unicom 2021).

2.1.5.1.5. GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS), inicialmente concebido con fines militares por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos para mejorar la navegación, se ha convertido en un sistema de localización basado en satélites. Su influencia en la agricultura ha sido fundamental para optimizar procesos productivos, reduciendo considerablemente el tiempo dedicado por los agricultores a tareas convencionales. Mediante la recopilación de datos de sensores y la información precisa de parámetros geolocalizados, es posible identificar con exactitud la ubicación de

problemas, permitiendo una gestión más eficiente en el ámbito agrícola (Oquelis y Landa 2020).

2.1.5.1.6. Drones.

Los drones han llegado como una de las tecnologías más innovadoras en el sector agrícola, su uso va desde llevar a cabo labores como fumigación, siembra, polinización, al análisis de gestión de datos y monitoreo de plagas, entre muchas otras formas de servicio (Anexo 7). En conclusión, un dron se lo caracteriza por ser un vehículo aéreo no tripulado el cual se lo maneja de forma remota. La evolución significativa en las técnicas de agricultura de precisión se ha visto impulsada por el desarrollo de nuevos sensores y su aplicación extensiva mediante el uso de drones (Lozano y Suaterna 2019).

2.1.5.1.7. Machine Learning

El Machine Learning se encarga de automatizar la creación de modelos analíticos, permitiendo que el software agrícola se adapte de manera autónoma a nuevas situaciones. A pesar de su complejidad, el proceso se simplifica mediante la introducción de datos provenientes de la empresa agrícola y diversas fuentes, como imágenes satelitales, datos meteorológicos históricos o características específicas del cultivo. Los algoritmos posteriormente combinan estos datos a través de cálculos matemáticos para generar predicciones precisas, incluyendo el tiempo de maduración y el volumen de cultivos (RAWDATA 2022).

2.1.6. Ejemplos de la integración efectiva de la tecnología Big Data en el sector agrícola

En la actualidad, el conocimiento y la capacitación de tecnologías Big Data en el sector agrícola ha llevado a avances significativos, mejorando la eficiencia, la sostenibilidad y la toma de decisiones. A continuación, se presentan ejemplos destacados de esta integración exitosa:

2.1.6.1. Caso 1: Gestión del riego inteligente en cultivos de maíz a través de Internet de las Cosas (IoT) (México)

Herrero (2021) nos brinda un caso exitoso mediante el uso de herramientas de datos para la gestión de riego inteligente en el cultivo de maíz, el caso presentado es el siguiente:

La automatización en la agricultura representa una de las principales ventajas de la agrotecnología. En respuesta a la escasez de agua en los cultivos de maíz en un municipio de Sinaloa, México, la Asociación de usuarios productores agrícolas 'Ruíz Cortínez' implementó un sistema de riego programado accesible a través de Internet, según revela el estudio "Innovar para competir: 40 casos de éxito" de la Secretaría de Agricultura de México, en colaboración con el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y la Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce (COFUPRO).

Este sistema permitió calcular la demanda de agua de los campos, elaborar planes de riego y enviar órdenes para la ejecución del riego. La aplicación no solo evaluaba el manejo del riego, sino que también actualizaba las bases de datos, logrando un ahorro estimado de "entre 1 500 y 2 000 m³ por hectárea". Además, proporcionaba valiosa información sobre la frecuencia óptima de riego para aumentar la productividad de cada plantación.

2.1.6.2. Caso 2: Optimización de Proyecciones de Cosecha a través de la utilización de Drones y teledetección (Colombia)

Vivanco (2022) nos indica las soluciones que se obtuvieron a través del uso de herramientas tecnológicas, tales como drones y teledetección satelital, esto con la finalidad de poder adquirir datos que sirvan para las proyecciones de cosechas.

El recelo en las proyecciones de cosechas es un gran reto para los productores agrícolas, puesto que una valoración errónea podrá tener grandes repercusiones. El uso de tecnologías innovadoras, como el monitoreo del desarrollo vegetativo con drones y satélites, la utilización de

sensores para lograr calcular variables como el estado meteorológico y el riego, y la incorporación de la inteligencia artificial para el conteo automatizado de frutos, logra permitir al productor aventajar con mayor exigencia el tiempo y volumen de las cosechas, propiciando una gestión más sólida para la toma de decisiones.

En un ejemplo práctico con un productor de paltas, implementamos drones con cámaras infrarrojas y una aplicación móvil para evaluar el vigor de los cultivos y realizar un conteo preciso de los frutos. La combinación de tecnologías redujo el margen de error en las proyecciones del 10 % al 3 %, mejorando la precisión y contribuyendo significativamente a los márgenes económicos por hectárea de la empresa.

2.1.6.3. Caso 3: Innovación en Agricultura con Tecnología de Machine Learning desde el MIT (Argentina)

Velázquez (2018) nos introduce en una aplicación revolucionaria que emplea tecnología y ciencia de datos, específicamente el Machine Learning, para potenciar la eficiencia en la agricultura.

Un startup del MIT, enfocada en maximizar la eficiencia agrícola, ha lanzado una aplicación revolucionaria que combina tecnología y ciencia de datos. Esta aplicación permite a los agricultores capturar imágenes de cultivos como soja, maíz y trigo, recibiendo retroalimentación instantánea de un algoritmo que identifica enfermedades y evalúa su severidad. Utilizando técnicas de Machine Learning, la aplicación no solo realiza diagnósticos precisos, sino que también sugiere productos para el tratamiento, optimizando la gestión de enfermedades, plagas y malezas. Esto contribuye a aumentar el rendimiento y reducir pérdidas en los cultivos.

La aplicación mejora constantemente mediante la carga de información, considerando factores clave como el clima y el tipo de suelo. Además, evalúa la eficiencia y sostenibilidad de los productos recomendados, resaltando cómo la tecnología de Machine Learning, respaldada por datos agrícolas detallados, revoluciona la toma de decisiones para potenciar la productividad y sostenibilidad de los cultivos.

2.1.6.4. Caso 4: Transformación Agrícola con John Deere y Big Data (Alemania)

Marr (2016) destaca la exitosa aplicación del Big Data en el sector agrícola, subrayando el papel clave desempeñado por el fabricante de maquinaria agrícola John Deere.

La emblemática empresa de maquinaria agrícola, John Deere, ha marcado un hito al adoptar estrategias de Big Data en sus servicios, llevando la agricultura a nuevas alturas. A través de los sensores integrados a las maquinarias y sondas en el suelo, la empresa ha inventado un ecosistema de adquisición de datos en tiempo real procedentes de miles de personas en sus campos. Esta perspectiva innovadora ha logrado permitir que los productores agrícolas lleguen a tomar decisiones fundamentadas ante situaciones críticas, desde la elección del cultivo hasta el suministro de fertilizantes, optimizando así la eficiencia y la producción agrícola.

La integración de Big Data no solo se limita a supervisar cultivos, sino que también previene tiempos de inactividad innecesarios. Aprovechando datos sobre condiciones climáticas y rendimiento de máquinas, John Deere correlaciona información para prever posibles fallos en equipos, permitiendo un mantenimiento predictivo que reduce costos y mejora la eficacia operativa agrícola. Este caso ejemplar muestra cómo la combinación de tecnología, datos y maquinaria revoluciona las decisiones cruciales de los agricultores para optimizar sus procesos.

2.1.6.5. Ejemplo 5: Pronaca y la Transformación mediante Big Data y Business Intelligence (Ecuador)

Gonzales (2016) nos menciona como la tecnología del Big Data puede ser de gran utilidad para poder emplear nuevos métodos de comercialización y formas de enlazar un vínculo más allegado con los clientes.

Pronaca, empresa líder en el sector alimentario en Ecuador, enfrentó el reto de gestionar una red de Facebook con 700 mil seguidores. Bajo la dirección de Rubén Recalde, CIO de Pronaca, se decidió abordar este

desafío mediante una estrategia de Big Data que integra datos no estructurados de redes sociales con la base de datos estructurada de la organización.

La estrategia implica aprovechar la red social no solo como un canal de interacción, sino como una fuente rica de datos sobre las preferencias y comportamientos de los consumidores. Esta información se fusiona con la base de datos estructurada existente de aproximadamente 10 terabytes, marcando el inicio de una estrategia integral de Big Data. La visión es ir más allá de la plataforma tecnológica y adoptar un enfoque completo para explotar información de diversas fuentes y formatos.

La iniciativa de Big Data ha mejorado la interacción con los consumidores y profundizado la comprensión del mercado. Pronaca ahora puede anticipar tendencias futuras, lo que ha permitido definir estrategias comerciales más dinámicas y orientadas a potenciar las ventas. La integración de datos no estructurados de redes sociales con la base de datos estructurada ha demostrado ser crucial para una toma de decisiones más informada y estratégica.

2.1.7. Importancia de la tecnología Big Data en la agricultura

La relevancia de la información en la agricultura ha sido constante. La tecnología Big Data emerge como una innovación que simplifica la gestión de cantidades masivas de datos, respaldando el almacenamiento e impulsando la toma de decisiones en el ámbito agrícola.

Esta herramienta tecnológica predomina por su capacidad para reconocer y prevaler de manera eficaz los datos a través de las diferentes aplicaciones inteligentes que se encargan de obtener información, tales como dispositivos inteligentes, sistemas de riego, satélites, entre otros. El funcionamiento del Big Data en el sector agrícola es muy característico, colaborando a la reducción de pérdidas tanto en la producción como en lo monetario (Bermeo *et al.* 2022).

2.1.8. Beneficios de la tecnología Big Data en la agricultura

2.1.8.1. Incrementa la productividad

El uso del Big Data en la agricultura posibilita la recopilación de datos provenientes de diversas fuentes, cuyo análisis nos ayuda a identificar los indicadores más relevantes y comparar datos útiles. La precisión de esta información brinda una visión completa de los factores que impactan en los procesos productivos, como temperaturas, humedad y radiación, entre otros (quiñones 2021).

2.1.8.2. Contribuye con el cuidado del medio ambiente

La recolección de datos para monitorear el uso de productos químicos y prevenir el mal uso de los recursos naturales es crucial para reducir la contaminación y contribuir a la mitigación del cambio climático, promoviendo prácticas más sostenibles en nuestro planeta (quiñones 2021).

2.1.8.3. Mejor aprovechamiento de los recursos

Confrontando uno de los desafíos más concurrentes en la actualidad, el sector agrícola busca incrementar el uso sostenible de recursos poco accesibles como el agua y las tierras agrícolas. En base a esta contextualización, la integración de tecnología Big Data emerge como un mecanismo invaluable. El monitoreo de terrenos y la automatización de sistemas otorga una optimización más eficiente ante los recursos, logrando una gestión más eficiente ante las prácticas como el riego y el procesamiento de maquinaria agrícola. (TRADECORP 2022).

2.1.8.4. Mejorar las predicciones meteorológicas

Las circunstancias climáticas son muy importantes en la agricultura, en donde componentes externos como el viento, la lluvia, el sol o la nieve perjudican de manera directa en los rendimientos de los cultivos. En este medio, el Big Data se resalta como una tecnología eficaz para poder efectuar predicciones meteorológicas y luego procesarlo, implementando datos precisos y confiables (THEINFORMATIONLAB 2022).

2.1.8.5. Toma de decisiones

Tomar decisiones erróneas en la agricultura es una inquietud genuina, puesto que puede conllevar terribles pérdidas. Realizar las siembras en momentos poco favorables, cosechar tempranamente o invertir en cultivos poco rentables, son muchas de las elecciones críticas que alcanzarían a poner en riesgo a una compañía agrícola si se toman decisiones de manera errónea. El papel que brinda el Big Data es ofrecer información de gran valor para optar por tomar decisiones fundamentadas, ayudando a advertir o minimizar los errores más comunes en el sector. (THEINFORMATIONLAB 2022).

2.2. MARCO METODOLÓGICO

Este estudio se fundamentó en una exhaustiva recopilación de información bibliográfica proveniente de diversas fuentes como libros, revistas, tesis de grado, periódicos, artículos científicos, páginas web, ponencias, congresos y manuales técnicos, asegurando así la solidez y amplitud del contenido abordado en el documento. La elaboración de esta investigación se originó en el reconocimiento de la creciente importancia de la tecnología Big Data en la agricultura y su capacidad para transformar los métodos tradicionales de gestión agrícola. Ante los desafíos que enfrenta la producción agrícola, desde la escasez de recursos hasta las incertidumbres climáticas, se exploró cómo la integración efectiva de Big Data puede ofrecer soluciones y mejorar la eficiencia operativa en las explotaciones agrícolas.

En el proceso de análisis, se priorizó la selección de fuentes que ofrecieran una visión holística y actualizada sobre el tema, permitiendo abordar aspectos diversos, desde la monitorización en tiempo real de los cultivos hasta la optimización de la gestión de recursos. El resumen y la síntesis de la información recolectada se realizaron con el propósito de proporcionar al lector una visión clara y concisa de las aplicaciones prácticas de Big Data en la agricultura, así como destacar las tendencias emergentes y las potenciales transformaciones en el ámbito agrícola.

2.3. RESULTADOS

Las convergencias de las tecnologías como: sensores inteligentes, sistemas de información geográfica (SIG), Internet de las cosas (IoT), Teledetección satelital, sistema de posicionamiento global (GPS), drones y machine learning en las explotaciones agrícolas, recopilan datos en tiempo real sobre factores cruciales como la humedad del suelo, la temperatura, la calidad del aire y la salud de los cultivos. La inmensa cantidad de información accesible se la aprovecha para lograr optimizar la gestión de los recursos, a su vez logrando tomar decisiones más fundamentadas e incrementar la eficiencia en la productividad agrícola.

Asimismo, la utilización de plataformas de gestión de datos Big Data posibilita a los productores agrícolas en realizar análisis predictivos para prever patrones meteorológicos, precaver riesgos de enfermedades en los terrenos agrícolas y optimizar los recursos disponibles. La unificación de herramientas de aprendizaje instintivo y modelado predictivo también colabora significativamente al incremento de la producción y sostenibilidad. El manejo de las tecnologías de Big Data en la agricultura no solo mejora la eficiencia operacional, sino que también prepara al agricultor con información valiosa, otorgándoles el aprovechamiento del mismo para que puedan hacer un buen uso de sus prácticas y gestiones agrícolas.

La adquisición del conocimiento a los ejemplos con relación al uso de Big Data en la agricultura, otorga una fuente de valor al entusiasmo y enseñanza para los productores agrícolas. Estos estudios prácticos brindan un amplio panorama de como la integración de herramientas tecnológicas de gestión de datos ha logrado impactar de manera positiva al sector agrario, influyendo en algunos aspectos como la productividad, la toma de decisiones y la eficiencia en sus prácticas. La exhibición a distintivas herramientas exitosas incentiva la creatividad y el razonamiento innovador, llegando a ofrecer a los interesados esa oportunidad de poder adecuar métodos verificados a sus pertenecientes circunstancias.

De igual manera, el descubrimiento de ejemplos con relación al Big Data en la agricultura simplifica la identificación de prácticas más eficaces. Instruirse mediante casos exitosos, logra obtener conocimientos valiosos sobre métodos más efectivos, los cuales nos sirven ante posibles desafíos que azoten nuestros cultivos. Esta interpretación trascendente sobre las estrategias que han podido demostrar

su efectividad otorga al productor agrícola y a los profesionales del departamento una base sementada para optimizar sus pertenecientes procesos y resolver dificultades parecidas de una manera más óptima y precisa. Estos ejemplos intervienen como preceptor práctico ante la integración efectiva de tecnologías del Big Data en el ámbito agrícola.

2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En las explotaciones agrícolas, la gestión de recursos y la eficiencia en la producción agrícola están experimentando una revolución gracias a la convergencia de tecnologías como sistemas de información geográfica (SIG), sensores inteligentes, GPS, teledetección satelital, Internet de las cosas (IoT) y machine learning. Estos dispositivos, al recopilar datos en tiempo real sobre la salud de los cultivos, calidad del aire, temperatura y humedad del suelo, están transformando la toma de decisiones y la administración de cultivos por parte de los agricultores. Estos avances coinciden con los informados por Bermeo *et al.* (2022), quienes destacan la integración de diversas aplicaciones como sensores, TIC y dispositivos a través de Internet, para capturar información diversa sobre las condiciones climáticas y, especialmente, sobre el suelo.

La consideración del Big Data en la agricultura proyecta sus aportaciones al sector, modificando la toma de decisiones agrícolas al brindar información explícita en relación a los suelos, climas y prácticas agrícolas. La provechosa gestión de recursos, específicamente en la utilización de agua y fertilizantes, ha llevado a una agricultura más amigable con el medio ambiente. Estos hallazgos concuerdan con los reportados por Sonka (2016), quien resalta la integración del Big Data en la industria agrícola por su capacidad para mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental. Además, subraya su carácter estratégico al crear valor a través de la accesibilidad a herramientas de monitoreo y control, la fusión de datos para generar conocimientos y la necesidad de una supervisión más efectiva en las actividades agrícolas.

La adopción de la tecnología Big Data en la agricultura es esencial, y examinar casos concretos de su aplicación ofrece una visión tangible de cómo esta integración ha tenido un impacto positivo en la eficiencia operativa, la productividad

y la toma de decisiones en diversos entornos agrícolas. Estos resultados coinciden con los informados por la FAO (2016), quien destaca el progreso de las tecnologías de la información generando una transformación notable en la distribución y adquisición de información en la agricultura. Inicialmente, la radio fue crucial en proporcionar información a los agricultores, seguida por la televisión que se convirtió en un medio importante para la difusión de información. Actualmente, los experimentos prácticos para el desarrollo agrícola están adquiriendo una creciente relevancia.

Asimismo, la exploración de casos relacionados con el uso de Big Data en la agricultura facilita la identificación de mejores prácticas. Estudiar ejemplos exitosos permite extraer lecciones valiosas sobre enfoques efectivos y soluciones innovadoras aplicadas a desafíos específicos en la agricultura. Los resultados coinciden con las conclusiones de Best y Vargas (2020), quienes destacan que la innovación y la difusión de tecnologías emergentes son impulsores fundamentales del crecimiento económico en la agricultura sustentable moderna. El futuro de la agricultura digital requiere una comprensión y asimilación efectivas de las nuevas innovaciones agrícolas. El objetivo es brindar apoyo a productores, responsables de campo y empresas exportadoras, proporcionándoles la información necesaria para gestionar eficientemente el campo de manera oportuna.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Conclusiones

- La convergencia de tecnologías como sensores inteligentes, IoT, GPS, teledetección satelital, drones y machine learning en la agricultura ha permitido recopilar datos en tiempo real sobre factores cruciales. La enorme cantidad de información generada se utiliza para optimizar la gestión de recursos y mejorar la toma de decisiones en las explotaciones agrícolas.
- La integración de herramientas de aprendizaje automático y modelado predictivo contribuye significativamente al aumento de la productividad y la sostenibilidad agrícola. El uso de tecnologías Big Data no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también impulsa prácticas agrícolas más sostenibles.
- La capacitación en el uso de plataformas de análisis de datos Big Data y la adquisición de conocimientos permiten llevar a cabo análisis avanzados, anticipar riesgos de enfermedades en los cultivos y prever patrones climáticos. Este enfoque no solo optimiza la eficiencia operativa, sino que también proporciona a los agricultores información valiosa para tomar decisiones más informadas y estratégicas en un entorno agrícola en constante evolución.

3.2. Recomendaciones

- Ofrecer programas de capacitación especializada a agricultores y empresas agrícolas, en la incorporación de tecnologías como sensores inteligentes, sistemas de información geográfica, Internet de las cosas (IoT), teledetección satelital, GPS, drones y machine learning. Este enfoque no solo busca proporcionar las habilidades necesarias para la utilización efectiva de estas herramientas, sino que también pretende estimular la adopción de técnicas avanzadas de aprendizaje automático y modelado predictivo.
- Promover activamente la adopción de plataformas avanzadas de análisis de datos Big Data en el sector agrícola. Estas plataformas serán fundamentales para llevar a cabo análisis avanzados, abarcando la previsión de patrones climáticos, la anticipación de riesgos de enfermedades en los cultivos y la optimización de prácticas agrícolas.
- Fomentar la exploración de casos prácticos relacionados con el uso de Big Data en la agricultura. La comunidad agrícola y los profesionales del sector deben promover activamente el intercambio de experiencias y lecciones aprendidas. Este proceso de colaboración contribuirá a la identificación de mejores prácticas, estimulando la mejora continua y la adaptación de estrategias exitosas a contextos específicos.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ANEXOS

4.1. REFERENCIAS

ATRIA (Agrupación para Tratamientos Integrados en Agricultura, España). 2020. Agricultura 4.0. Nuevas tecnologías en la agricultura. (en línea). 15 p. Consultado 03 de enero. 2024. Disponible en <https://repositorio.comillas.edu/rest/bitstreams/436808/retrieve>

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, México). 2017. Cultivando mejor para alimentar a todos. (en línea). 88 p. Consultado 03 de enero. 2024. Disponible en <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6147/bve17099262e.pdf;jsessionid=969E8813701FD5A1A091BB678DB57703?sequence=1>

AEB (Asociación Española de Banca). 2017. Big Data. (en línea). Consultado 13 de febrero. 2024. Disponible en <https://s1.aebanca.es/wp-content/uploads/2017/12/Big-Data-2.pdf>

Agricolus. 2 may. 2022. Sensores para la agricultura. (en línea). Perugia-Italia. Agricolus. Consultado 13 de ene. 2024. Disponible en: <https://www.agricolus.com/es/tecnologias/sensores-para-la-agricultura/>

Almeida, O; Vera, W; Guevara, V. 2022. Grandes dados na previsão do tempo de colheita. (en línea). Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria 6(16):33-47. Consultado 7 de febrero. 2024. Disponible en <http://www.scielo.org.bo/pdf/arca/v6n16/a2-33-47.pdf>

Best, S; Vargas, P. 2020. Aplicación de la agricultura tecnológica 4.0. (en línea) Chillán, Chile, Instituto de investigación INIA Quilamapu. 5 p. Informe n.o 148. Consultado 8 de feb. 2024. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4011/NR42318.pdf?sequence=1>

Bermeo, O; Bazan, W; Guevara, V. 2022. Big Data en la predicción meteorológica para cultivos. (en línea). Revista de Investigaciones en Ciencias

Agronómicas y veterinarias 6(16). Consultado 4 de enero. 2024. Disponible en <http://www.scielo.org.bo/pdf/arca/v6n16/a2-33-47.pdf>

Cantalejo, M. 2020. Desarrollo de la Agricultura de Precisión. (en línea). Consultado 4 de enero. 2024. Disponible en https://oa.upm.es/63131/1/TFG_MARTA_SEBASTIAN_CANTALEJO.pdf

EOSDataAnalytics. 14 de jul. 2023. Tecnología Agrícola: Innovación En El Cultivo De Cosechas. (En línea). California-Estados Unidos. EOSDataAnalytics. Consultado el 5 de mar. 2024. Disponible en <https://eos.com/es/blog/tecnologias-en-la-agricultura/#:~:text=La%20tecnolog%C3%ADa%20agr%C3%ADcola%20incluye%20veh%C3%ADculos,est%C3%A1%20adoptando%20los%20avances%20tecnol%C3%B3gicos.>

FAO. 1 de feb. 2017. El uso de la tecnología de la información en la agricultura de las economías del Foro de Cooperación Económica Asia-Pacífico (APEC) y más allá. (en línea). Quebec-Canadá. FAO. Consultado el 8 de feb. 2024. Disponible en <https://www.fao.org/3/i6817s/i6817s.pdf>

Fernández, M. 2020. Estudio y desarrollo de modelo de eficiencia hídrica de riego basado en agricultura 4.0. (en línea). Tesis en MSc. Ciudad de Santiago, Chile, UNAB. Consultado 22 de febrero. 2024. Disponible en <http://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/15527>

Galimany, A. 2014. La creación de valor en las empresas a través del Big Data. (en línea). TFG de ADE. Barcelona, España, UB. Consultado 15 de febrero. 2024. Disponible en <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/67546/1/TFG-ADE-Galimany-Aleix-juliol15.pdf>

García, J; Zambrano, J; Alcivar, R; Zambrano, W. 2020. Predicción del rendimiento de cultivos agrícolas usando aprendizaje automático. (en línea). Revista 21 Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía 5(2):160. Consultado 23 de febrero. 2024. Disponible en <https://doi.org/10.35381/R.K.V5I2.1013>

García, J; Ouhbi, S; Benmouna, B; García, G; Fernández, JL; Molina, JM. 2020. Systematic Mapping Study on Remote Sensing in Agriculture. (en línea)

- Applied Sciences Magazine 10(10):3456. Consultado 23 de febrero. 2024.
Disponibile en <https://doi.org/10.3390/APP10103456>
- Gonzales, K. 2016. Big Data el futuro de los nuevos modelos de negocios. (en línea) Revista IT ahora. 14p. Consultado 14 de marzo. 2024. Disponible en https://issuu.com/revistaitahora/docs/especial_big_data#google_vignette
- Herrero, O. 30 de jul. 2021. Digitalización del mercado agrario: 3 casos de éxito en América Latina. (en línea). Guatemala-Guatemala. Agtechapps. Consultado el 31 de ene. 2024. Disponible en <https://www.agtechapps.com/digitalizacion-mercado-agrario-casos-de-exito/>
- Hernández, E; Duque, N; Moreno, J. 2017. "Big Data: una explotación de investigación, tecnologías y casos de aplicación.", Revista Tecnológicas, vol. 20, nº 39. Consultado 13 de febrero. 2024. Disponible en <https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/24407/AA-ESPEL-CAI-0723.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- JACTO. 11 de feb. 2021. Sensores para agricultura de precisión: aplicaciones y beneficios. (en línea). São Paulo-Brazil. JACTO. Consultado el 14 de mar. 2024. Disponible en <https://bloglatam.jacto.com/sensores-para-agricultura-de-precision/>
- Marfil, L. 18 de jun. 2020. El Futuro de la Agricultura de Precisión. (en línea). Barcelona-España. Linkedin. Consultado el 14 de mar. 2024. Disponible en <https://es.linkedin.com/pulse/el-futuro-de-la-agricultura-precisi%C3%B3n-laura-marfil-rull>
- Lozano, C; Suaterna, J. 2019. Analítica de datos para el rendimiento en los cultivos de aguacate hass en Colombia. (en línea). Tesis en MSc. Bogotá, Colombia, Universidad Externado de Colombia. 123 p. Consultado 24 de febrero. 2024. Disponible en <https://bdigital.uexternado.edu.co/server/api/core/bitstreams/6cb96693-9f32-49e2-a9f9-69935b46aeb7/content>
- Marr, B. 2016. Big Data In Practice: How 45 Successful Companies Used Big Data Analytics To Deliver Extraordinary Results. (en linea). 1 ed. Chichester-Inglaterra. Wiley. 24 p. Consultado 30 de febrero. 2024. Disponible en

<https://bernardmarr.com/wp-content/uploads/2022/05/Big-Data-Esamplero-1.pdf>

Mishra, S; Dhote, V; Prajapati, G; Shukla, J. 2015. Challenges in Big Data Application: A Review. (en línea). International Journal of Computer Applications, 121(19)42-46 p. Consultado 20 de febrero. 2024. Disponible en <https://doi.org/10.5120/21651-4962>

Ortiz, Juan; Villegas, Kleber. 2020. Sistema de información geográfico para la administración y monitoreo de la producción de productos agropecuarios en las parroquias rurales del cantón Rumiñahui. (en línea). Trabajo de titulación previo la obtención del título de Ingeniero en Sistemas e Informática. Sangolquí, Ecuador, ESPE. 116 p. Consultado 24 de febrero. 2024. Disponible en <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/22682/1/T-ESPE-043952.pdf>

Oquelis, Á; Landa, D. 2020. Desarrollo de un controlador agrícola para Agricultura de Precisión con LoRaWAN para banano y mango orgánico. (en línea). Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas. Piura, Perú, UDEP. 88 p. Consultado 24 de febrero. 2024. Disponible en <https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/2a92750b-1465-424b-b606-529a45ae4203/content>

Pérez, A. 2021. Diseño del modelo de streams de una estación agrometeorológica para agricultura de precisión en la empresa agropecuaria Cubasoy. (en línea). Tesis IET. Santa Clara, Cuba, UCLV. 92 p. Consultado 27 de enero. 2024. Disponible en <https://dspace.uclv.edu.cu/server/api/core/bitstreams/644ae638-7bc3-4e15-9da5-cedd9a9710b6/content>

Pérez, M; Mendoza, M; Suarez, M. 2019. Paradigma IoT: desde su conceptualización hacia su aplicación en la agricultura. (en línea). Revista Espacios. 40(18). Consultado 24 de febrero. 2024. Disponible en <https://www.revistaespacios.com/a19v40n18/a19v40n18p06.pdf>

Panyella, I. 24 de oct. 2023. la importancia del papiro en el antiguo Egipto. (en línea). Washington-Estados Unidos. NationalGeographic. Consultado el 14

de marzo. 2024. Disponible en:
https://historia.nationalgeographic.com.es/a/la-importancia-del-papiro-en-el-antiguo-egipto_18924

Quiñones, T. 7 de mar. 2021. Principales beneficios del BigData en agricultura. (en línea). Jalisco, Mexico, Linkedin. Consultado 31 de enero. 2024. Disponible en: <https://es.linkedin.com/pulse/principales-beneficios-del-bigdata-en-agricultura-tonatiuh-qui%C3%B1ones>

RawData. 10 de feb. 2022. ¿Qué es el machine learning en agricultura? (en línea). Barcelona-España. RawData. Consultado 14 de enero. 2024. Disponible en: <https://agrawdata.com/que-es-el-machine-learning-en-agricultura/>

Redagricola. 29 mar. 2017. Cómo la Big Data está revolucionando la agricultura y la cadena de abastecimiento (en línea). Santiago, Chile. Redagricola. Consultado 10 de enero. 2024. Disponible en: <https://redagricola.com/la-big-data-esta-revolucionando-la-agricultura-la-cadena-abastecimiento-2/>

Rueda, J; Portocarrero, J. 2017. Similitudes y diferencias entre Redes de Sensores Inalámbricas e Internet de las Cosas: Hacia una postura clarificadora. (en línea). Revista Colombiana de Computación 18(2):58-74. Consultado 25 de febrero. 2024. Disponible en <https://revistas.unab.edu.co/index.php/rcc/article/view/3218>

Schroeck, M; Shockley, R; Smart, J; Romero, D; Tufano, P. 2012. Analytics: el uso de big data en el mundo real. (en línea). Inglaterra, Reino Unido. IBM Institute for Business Value. 22 p. Consultado 30 de enero. 2024. Disponible en <https://www.fundacionseres.org/Lists/Informes/Attachments/951/IBM%20Analytics%20el%20uso%20de%20big%20data%20en%20el%20mundo%20real%20-%20Como%20las%20empresas%20mas%20innovadoras%20extraen%20valor%20de%20datos%20inciertos.pdf>

Salamanca, M. 2021. Importancia de la transformación digital con el uso de big data y iot en la potenciación del sector agrícola y mejora de las condiciones laborales. (en línea). Consultado 9 de enero. 2024. Disponible en

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/39124/Salamanc aVegaJavierMauricio2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sansores, J. 2020. Big Data: conceptos básicos, tecnologías y aplicaciones. (en línea). Tesis Ing. Quintana, México, UQROO. Consultado 13 de febrero. 2024. Disponible en <http://risisbi.uqroo.mx/bitstream/handle/20.500.12249/2625/QA76.9.B45.2020-2625.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sánchez, L. 4 de feb. 2022. ¿Cómo utilizar el Big Data en el Plan de Marketing para una empresa? (en línea). Madrid-España. HOYMARKETING. Consultado 13 de marzo. 2024. Disponible en <https://hoymarketing.com/big-data-plan-marketing/>

Sonka, S. 2016. Big Data: Fueling the Next Evolution of Agricultural Innovation. (en línea). Journal of Innovation Management. 4(1)114–136. Consultado 29 de febrero. 2024. Disponible en https://journalsojs3.fe.up.pt/index.php/jim/article/view/2183-0606_004.001_0008/234

Souza, L. 21 de may. 2018. Big Data na agricultura: como tomar melhores decisões. (en línea). Sao Paulo-Brazil. Instituto Agro-Excelência no Agronegócio. Consultado el 14 de marzo. 2024. Disponible en: <https://institutoagro.com.br/big-data-na-agricultura/>

THEINFORMATIONLAB. 28 de mar. 2022. Uso del big data en la agricultura. (en línea). Madrid-España. THEINFORMATIONLAB. Consultado el 31 de enero. 2024. Disponible en: <https://www.theinformationlab.es/blog/uso-del-big-data-en-la-agricultura/>

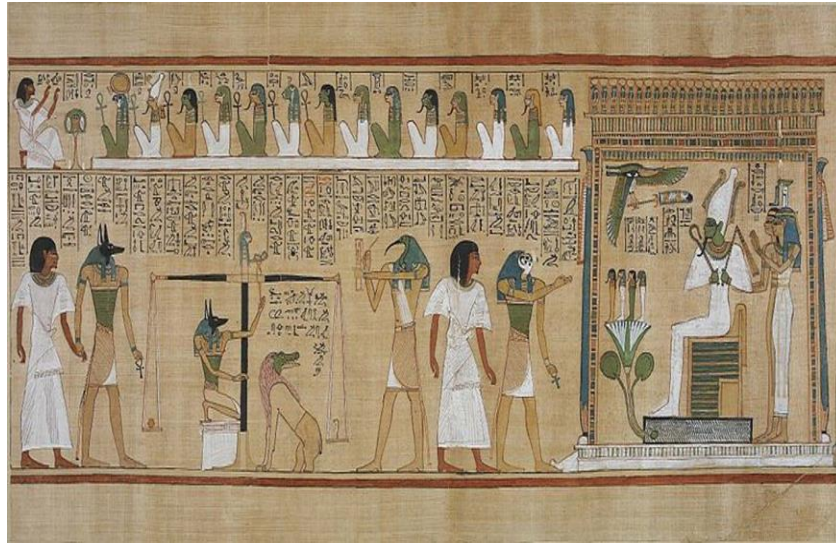
TRADECORP. 7 de sep. 2022. Big data en la agricultura: el futuro inmediato. (en línea). Madrid-España. TRADECORP. Consultado el 31 de enero. 2024. Disponible en: <https://tradecorp.es/big-data-agricultura-futuro-inmediato/>

UNICOM. 17 de may. 2021. La importancia de la teledetección satelital en la agricultura. (en línea). Granada-España. UNICOM. Consultado el 3 de enero. 2024. Disponible en: <https://unicontrol.com/la-importancia-de-la-teledeteccion-satelital-en-la-agricultura/?v=1285de4f1c48>

- Vivanco, G. 10 de mar. 2022. 5 casos de Éxito en la Digitalización de la Agricultura. (en línea). Cali-Colombia. SPACEAG. Consultado el 31 de enero. 2024. Disponible en <https://www.spaceag.co/blog/digitalizacion-agricultura>
- Velázquez, S. 2018. Utilización de Big Data en organizaciones. Aplicación en startups Argentinas vinculadas al sector agropecuario. (en línea). Tesis de Licenciatura en Administración y Gestión Empresarial. Buenos Aires, Argentina, UNSAM. 58 p. Consultado el 6 de marzo. 2024. Disponible en https://ri.unsam.edu.ar/bitstream/123456789/148/1/TFPP_EEYN_2018_VS.pdf
- Wenhong, T. Yong, Z. 2014. Gestión y programación optimizadas de recursos en la nube. (en línea). San Francisco. California. Morgan Kaufmann. 17-49 p. Consultado el 19 de febrero. 2024. Disponible en <https://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/33180/1/90.Wenhong%20Tian.pdf>

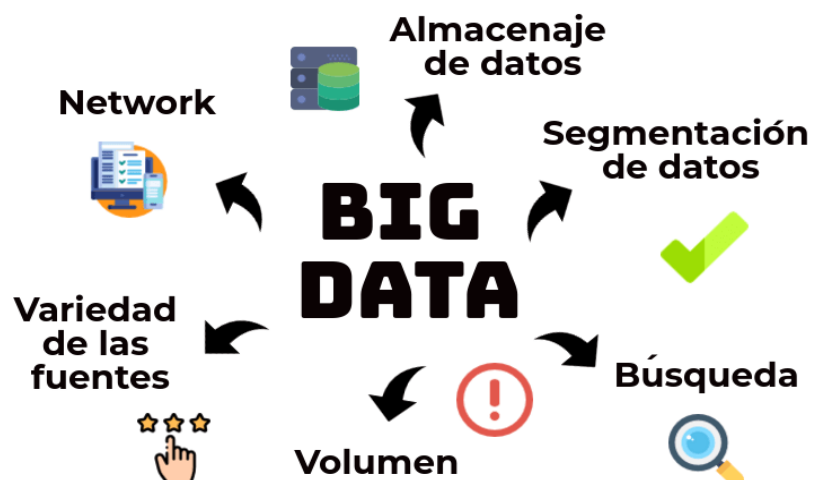
4.2. ANEXOS

Anexo 1. Registro de información en papiro para preservar y recopilar el conocimiento ancestral egipcio



Fuente: Adaptado de Panyella 2023.

Anexo 2. La Tecnología del Big Data y sus procesos multifacéticos para almacenar, procesar y analizar datos masivos



Fuente: Adaptado de Sánchez 2022.

Anexo 3. Vista general de Big data en la Agricultura como método para obtener tomas de decisiones mas informadas y precisas



Fuente: Adaptado de Souza 2018.

Anexo 4. Utilización de Sensores inteligentes combinado con Big Data para la transformación digital de las explotaciones agrícolas



Fuente: Adaptado de JACTO 2023.

Anexo 5. Tecnología de Sistema de información geográfico (SIG) empleada con Big Data en la agricultura



Fuente: Adaptado de Garcia et al. 2020.

Anexo 6. Herramienta de teledetección satelital para la observación no destructiva de los cultivos a gran escala de manera remota.



Fuente: Adaptado de Marfil 2020.

Anexo 7. Vista general de la gestión de datos mediante el uso de drones



Fuente: Adaptado de EOSDataAnalytics 2023.