21.1

FECHA	viernes, 5 de agosto de 2022

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
BIBLIOTECA
Fusagasuga

UNIDAD REGIONAL	Sede Fusagasugá
TIPO DE DOCUMENTO	Trabajo De Grado
FACULTAD	Ciencias Agropecuarias
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	**Ingeniería Agronómica**

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Obregon Triviño	Nathaly Alejandra	1.001.087.155
Garzón Zamora	Juan Sebastián	1.069.900.643

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
Valencia Achuri	Paola Andrea

TÍTULO DEL DOCUMENTO
ESTADO DEL ARTE: AVANCES TECNOLÓGICOS APLICADOS A LA FITOSANIDAD PALMERA EN COLOMBIA. SUS INICIOS, ADAPTACIONES Y CONCLUSIONES DE USO ACTUAL

SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

EXCLUSIVO PARA PUBLICACIÓN DESDE LA DIRECCIÓN INVESTIGACÍON	
INDICADORES	**NÚMERO**
ISBN	
ISSN	
ISMN	

AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÀGINAS
05/08/2022	11

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
ESPAÑOL	**INGLÉS**
1. Agroindustria	Agroindustry,
2. Tecnologías	Technologies
3. Rendimientos del cultivo	Crop yields
4. Sanidad vegetal.	Health vegetable
5.	
6.	

FUENTES (Todas las fuentes de su trabajo, en orden alfabético)

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS
(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

Resumen
En este documento de reseña histórica, se nos permite informa parte de la evolución del sector palmero en la adopción de tecnologías de precisión, enfocadas a sus manejos sanitarios. Pues las revoluciones agrarias se dan a pasos agigantados y la industria palmera como cualquier otra ha tenido que optar por las incursiones tecnológicas, para alcanzar mejoramientos de productividad. Se presentan los avances de las diferentes tecnologías, recomendaciones de usos, análisis de rendimientos, reducción de costos operaciones, software, generación de mapas y el aporte de los sistemas de información geográfica, entre otros. La metodología desarrollada se basó en la consulta en las principales bases de datos Scopus, Science direct, Web of science, construyéndose una matriz de Excel para organizar el cumulo de información obtenida de las revistas científicas. Se selecciona la información relacionada con agricultura de precisión y cultivo de palma de aceite en una ventana de tiempo considerable a los inicios tecnológicos en la palma y algunos de sus nuevos métodos en la recolección de datos. se redactó el documento con la ayuda de herramientas de citación como Endnote y finalmente se realizó la discusión de los resultados lo que posteriormente genera conclusiones dentro de las que se destacan el gran potencial de los productores palmeros a la hora de exponer ideas para hacer frente a los diferentes desafíos de las revoluciones agroindustriales y, por consiguiente, la aplicación de tecnologías en el campo agrícola, con referentes tecnológicas aplicadas a otros

cultivos , pero con convencimiento de trabajo dentro de este sector

Palabras claves: Agroindustria, Tecnologías, Rendimientos del cultivo, Sanidad vegetal.

Abstract

In this historical review document, we are allowed to report part of the evolution of the palm sector in the adoption of precision technologies, focused on its sanitary management. Well, agrarian revolutions are taking place by leaps and bounds and the palm industry, like any other, has had to opt for technological incursions, to achieve productivity improvements. The advances of the different technologies, recommendations for uses, performance analysis, reduction of operating costs, software, generation of maps and the contribution of geographic information systems, among others, are presented. The developed methodology was based on consultation in the main databases Scopus, Science direct, Web of science, building an Excel matrix to organize the accumulation of information obtained from scientific journals. The information related to precision agriculture and oil palm cultivation is selected in a considerable time window to the technological beginnings in the palm and some of its new methods in data collection. the document was drafted with the help of citation tools such as Endnote and finally the results were discussed, which subsequently generated conclusions within which the great potential of palm producers is highlighted when exposing ideas to deal with the different challenges of the agro industrial revolutions and, consequently, the application of technologies in the agricultural field, with technological references applied to other crops, but with the conviction of working within this sector

Keywords: Agroindustry, Technologies, Crop yields, Health vegetable.

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública, masiva por cualquier procedimiento o medio físico, electrónico y digital.	X	

3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, *"Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores"*, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca

está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.
SI ___ NO _x__.
En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos) en carta adjunta, expedida por la entidad respectiva, la cual informa sobre tal situación, lo anterior con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales.

Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.

j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.

Nota:
Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Nombre completo del proyecto.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. ESTADO DEL ARTE: AVANCES TECNOLÓGICOS APLICADOS A LA FITOSANIDAD PALMERA EN COLOMBIA. SUS INICIOS, ADAPTACIONES Y CONCLUSIONES DE USO ACTUAL	PDF

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
Obregon Triviño Nathaly Alejandra	
Garzón Zamora Juan Sebastián	

21.1-51-20.

Articulo

Estado del arte: Avances tecnológicos aplicados a la fitosanidad palmera en Colombia. Sus inicios, adaptaciones y conclusiones de uso actual.

Juan Sebastián Garzón Zamora[1], Nathaly Alejandra Obregon Triviño[2], *Paola Andrea Valencia Achuri* [3]

[1] Estudiante del programa de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca
[2] Estudiante del programa de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca
[3] Docente del programa de Tecnología en Cartografía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca

Resumen

En este documento de reseña histórica, se nos permite informa parte de la evolución del sector palmero en la adopción de tecnologías de precisión, enfocadas a sus manejos sanitarios. Pues las revoluciones agrarias se dan a pasos agigantados y la industria palmera como cualquier otra ha tenido que optar por las incursiones tecnológicas, para alcanzar mejoramientos de productividad. Se presentan los avances de las diferentes tecnologías, recomendaciones de usos, análisis de rendimientos, reducción de costos operaciones, software, generación de mapas y el aporte de los sistemas de información geográfica, entre otros. La metodología desarrollada se basó en la consulta en las principales bases de datos Scopus, Science direct, Web of science, construyéndose una matriz de Excel para organizar el cumulo de información obtenida de las revistas científicas. Se selecciona la información relacionada con agricultura de precisión y cultivo de palma de aceite en una ventana de tiempo considerable a los inicios tecnológicos en la palma y algunos de sus nuevos métodos en la recolección de datos. se redactó el documento con la ayuda de herramientas de citación como Endnote y finalmente se realizó la discusión de los resultados lo que posteriormente genera conclusiones dentro de las que se destacan el gran potencial de los productores palmeros a la hora de exponer ideas para hacer frente a los diferentes desafíos de las revoluciones agroindustriales y, por consiguiente, la

aplicación de tecnologías en el campo agrícola, con referentes tecnológicas aplicadas a otros Cultivos , pero con convencimiento de trabajo dentro de este sector

Palabras claves: Agroindustria, Tecnologías, Rendimientos del cultivo, Sanidad vegetal.

Abstract

In this historical review document, we are allowed to report part of the evolution of the palm sector in the adoption of precision technologies, focused on its sanitary management. Well, agrarian revolutions are taking place by leaps and bounds and the palm industry, like any other, has had to opt for technological incursions, to achieve productivity improvements. The advances of the different technologies, recommendations for uses, performance analysis, reduction of operating costs, software, generation of maps and the contribution of geographic information systems, among others, are presented. The developed methodology was based on consultation in the main databases Scopus, Science direct, Web of science, building an Excel matrix to organize the accumulation of information obtained from scientific journals. The information related to precision agriculture

and oil palm cultivation is selected in a considerable time window to the technological beginnings in the palm and some of its new methods in data collection. the document was drafted with the help of citation tools such as Endnote and finally the results were discussed, which subsequently generated conclusions within which the great potential of palm producers is highlighted when exposing ideas to deal with the different challenges of the agro industrial revolutions and, consequently, the application of technologies in the agricultural field, with technological references applied to other crops, but with the conviction of working within this sector

Keywords: Agroindustry, Technologies, Crop yields, Health vegetable.

Introducción

La agroindustria del aceite de palma es considerada como uno de las mayores productoras de aceite vegetal a nivel mundial, siendo Malasia e Indonesia según Navarro (2013) los principales productores abarcando el 84% de la producción a nivel mundial. En este orden Colombia se encuentra liderando la producción en el continente americano y cuarto a nivel mundial (Dashington et al. 2021), según Montoya (2016) indica que Colombia cuenta con más de 600.000 hectáreas sembradas por lo tanto se considera un cultivo de gran importancia agronómica; De acuerdo con lo anterior, Calvache (1995), refiere que es necesario implementar las tecnologías disponibles para el manejo sanitario y de sus diversas labores culturales en este tipo de cultivo, ya que permiten obtener información precisa y en tiempo real lo que s e traduce en reducción de gastos operáticos y rendimientos agrícolas e información constante sobre la sanidad vegetal de la palma de aceite (Calvache, 1995).

Por lo anterior, el objetivo del presente documento es dar a conocer las tecnologías aplicadas en las plantaciones de palma, especialmente dentro de la toma de datos en las labores sanitarias del cultivo y de esta manera establecer la importancia de dichas tecnologías para cultivos de grandes extensiones de tierra.

Materiales y Métodos

Esta investigación, de tipo cualitativo de carácter analítico, basada en teoría fundamentada se desarrolla con el objetivo de realizar una revisión bibliográfica sobre el aporte de la agricultura de precisión en la industria palmera, lo cual, permitirá un primer acercamiento al estado del arte en esta temática, e igualmente permitirá generar una perspectiva del tema con los aportes realizados por investigadores entorno a los avances tecnológicos y el impacto generado con la incorporación de estos.

La presente investigación, se desarrolló en 2 etapas:

1. Identificación de referentes científicos e investigativos entorno a Tecnologías, agricultura de precisión y fitosanidad vegetal en el cultivo de palma de aceite.
2. Cuadro comparativo de los mayores referentes: Rafael e. Hurtado – Oscar a. Alfonso – Ivan M, Ayala – Pedro J. Rocha– FEDEPALMA – Cenipalma, entre otros, que exponen diversos ejemplos del aporte de la agricultura de precisión a este tipo de cultivos.

Etapa 1: Se establece el tema a investigar, y se realiza una primera consulta en bases de datos Scielo, Researchgate, Redalyc, asi mismo, de referentes directos como CENIPALMA, FEDEPALMA, obteniendo fuentes científicas especializadas, que permiten establecer las fuentes claves relacionadas con la viabilidad, estrategias, modos de uso y resultados de las tecnologías (SIG) en el sector palmero. Se realizaron consultas con palabras claves: técnicas, agricultura de precisión; espectrometrías, fototeledetección, fitosanidad, drones y SIG.

Etapa 2: En esta etapa se establece el universo investigado y se recopila la información en una matriz bibliográfica en editor de texto CSV, donde para el caso de artículos científicos se

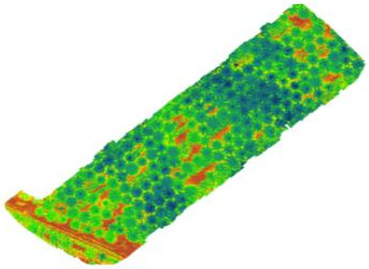
relaciona, tipo de material (artículo, libros, memoria de conferencia), autor(es), título del documento, palabras clave, resumen, definiciones y conceptos, métodos-técnicas y herramientas, fecha de publicación, URL, DOI, Base de Datos o revista, versión y número, se desarrolla la referencia bajo las normas APA v. 7; para el caso de fuente bibliográfica, se relaciona autor(es), titulo, resumen, definiciones y conceptos, metodología, aspectos claves en la temática.

Resultados

Dentro de las fuentes consultadas, la más significativa en los últimos tiempos es el Balasundram (2016), quien hace una revisión literaria mediante el resumen de 10 años de la aplicación de agricultura de precisión, analizando sistemáticamente la ejecución de labores como la cosecha, peso del fruto, fertilización y enfermedades (Balasundram, 2016).

Por otro lado, la aplicación de las tecnologías ha venido evolucionando generando nuevas estrategias que conlleven a disminuir el margen de error y aumentar la veracidad de la información, lo cual es de gran importancia para los palmicultores. Para Castro (2020), la vinculación de sensores remotos con UAV, para el seguimiento sanitario de plantaciones es muy necesario, pues es posible analizar la sanidad vegetal tomando fotografías a distintas distancias para posteriormente organizarlas en ortofotomosaicos, que permiten ver las plantas que están sanas de las que no lo está como se puede observar en la imagen 1 (Castro, 2020).

Imagen 1. Ortofotomosaico de imanes tomadas a diferentes distancias en el ajuste de herramientas con fines de estudio vegetal.



Fuente: Castro, 2020

En el año 2015, El centro de información y documentación palmero según la revista de palmas, da a conocer un avance de producción, reducción de gastos y aumento de rentabilidad con la puesta en marcha de pilares de producción, mantenimiento y manejo sanitario con tecnologías aplicadas con análisis de los factores como cosecha, agua, fertilización y sanidad, factores que afectaban la producción anual de fruta fresca cosechada por hectárea (Giraldo et al., 2015).

“La sanidad vegetal es un pilar fundamental de control y actuación en el cultivo de palma, pues hace parte de las labores con mayor importancia. Lo que expresa la actuación oportuna que dependerá la vida útil del cultivo”. Así lo hace entender Calvache en el (2004).

Evaluar las nuevas técnicas en la sanidad, tiene como fin determinar si es importante proponer sus usos por lo que Lizarazo et al. (2011), indico que la aplicación de la agricultura de precisión en la sanidad con el uso mediante las bases de datos reduce en un 30% el tiempo en el que se plasman los datos, así mismo se aumenta la confiabilidad de los datos de campo. Al igual que lo mencionado por Cabra (2011), con el manejo de tecnologías, con lo que reporta una alta reducción en la gestión de recursos, aumento de manejos programados, revisiones y menor impacto de afectación por la mortalidad en plantas de palma para Colombia; Debido a la temprana identificación y la secuencia de información almacenada en las bases de datos.

EL análisis de los puntos preferidos por la tecnología en el cultivo palmero, también lo reporta Arias en el año (2014), describiendo que "La sanidad vegetal ha sido punto preferido en el inicio de la aplicación en las herramientas tecnológicas de sistemas de información y aplicación de fotos en aeronaves no tripuladas, analizando, enfermedades como pudriciones de cogollo y afectaciones producidas por defoliadores". Selvaraja et al., (2014).

Dentro las prácticas para analizar los comportamientos, sanitarios, es evaluada la teledetección como herramienta en la evaluación de la mancha naranja. Los trabajos geoespaciales evolucionan e incursionan el análisis de datos a través del tiempo, caso expuesto por Hurtado *et al*., (2009) refleja en un escrito la "exploración de la evolución espacio temporal de la pudrición del cogollo (PC) en la palma de aceite". Hurtado et al. (2010) expone el uso de la geomática para un modelo espacio temporal en el seguimiento de la pudrición del cogollo y el *Rhynchophorus palmarum* en Tumaco Nariño implementando un nuevo mejoramiento. Mediante lo escrito por Araque et al (2009) propone los modelos que avanzan en el mejoramiento de las predicciones del comportamiento de la sanidad vegetal, como lo es el daño causado por desfoliadores, aplicando algoritmos en función de la información otorgada por sensores remotos incursionando los espectros como el infrarrojo al identificar fases y desarrollos vegetativos.

Shafri, para el (2019) dentro de conferencias palmeras, recalca y expone el camino que debe tomar el campo agrícola en la cuarta revolución industrial. Por lo que refiere lo siguiente: "Es necesario encontrar maneras de incorporar los elementos de la R.I 4.0 a nuestro enfoque palmero y enfrentar los desafíos agrícolas, manteniendo sostenibilidad y viabilidad aceitera.
Con experiencias expuestas anteriormente, para comparar y afianzar lo dicho por Shafri en el 2019, se recopila información sobre los métodos de extracción de datos en años anteriores, con lo cual en el (2012) expone un avance tecnológico evidente al intercambiar naves aerotransportadas en su momento y datos recolectados con espectrómetros, mediante el uso de sensores y drones. Para León (2020) es lo que hoy en día, ya es tomado con VANT Sobre las palmas de aceite estresadas y con posibles afectaciones foliares. Golhani et al. al (2018) atraen admiración al utilizar redes neuronales disponibles en el procesamiento de datos hiperespectrales con énfasis en detección de enfermedades de plantas. Por lo consiguiente, ha sido una importante herramienta para la detección y diagnóstico de enfermedades al combinar algoritmos.

Pero bien se deduce que, al haber dispositivos, ahí fuentes donde se extraen coordenadas y almacenan datos. Para este caso de estudio, en el (2018) Rezeei et al, utiliza el satélite Worldview-3 que, aunque sin tener una nave en especial, analiza por medio de modelos integrados y de regresiones imágenes satelitales. Los datos recolectados en campo mediante los dispositivos VANT O sensores, se depositan en los (SIG). Como se realiza en el sistema de clasificación basado en Landsat de la nube, por el cual ofrece mapas de cobertura con mejoras significativas (Azzari et al., 2017) A medida que los trabajos se iban sistematizando, se requerían de clasificadores automáticos, que correlacionaran variaciones de los datos y arrojaran una serie de resultados para la toma de decisiones en los tratamientos.*(*Belgiu *et al*.,2016).

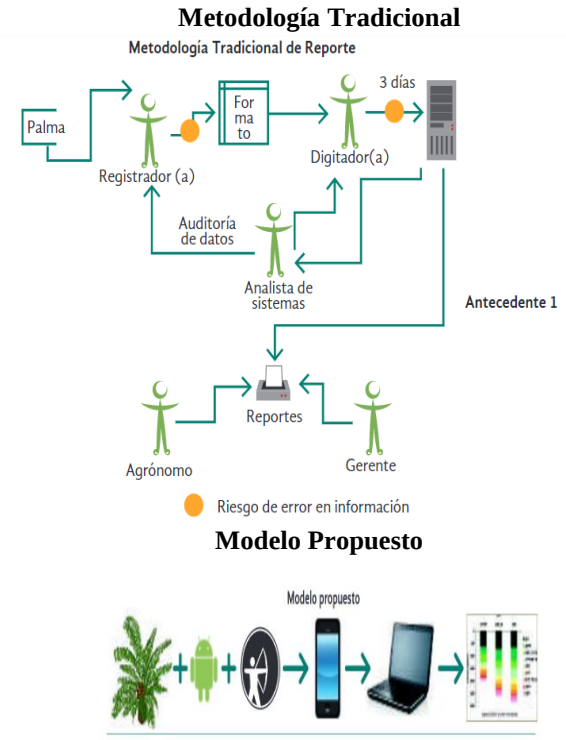
Plagas

Las plagas dentro del cultivo de palma, tienen gran relevancia, pues al no ser manejadas adecuadamente, se carece de rendimientos en el cultivo, es por esto que Calvache en el (2004) Hace referencia al majo adecuado de focos densos de plaga, después de su identificación y reporte de datos, sistémico. Que para Patrick en (2013) se realiza mediante la tele-observación.

El interés del gremio palmero lo describe Forero en el 2009, mediante la interacción con agentes involucrados en la toma de datos sanitarios, por medio de la cual se analizaron

factores en la toma de decisiones en búsqueda de concluir la confiabilidad de los datos y los errores más frecuentes (Forero 2009).
Para el año 2014 y los expuesto en la revista de Palmas (Colombia), Hoyos et al. Debuta en el evento con la exposición de un software que junto al trabajo desarrollado en años anteriores y por necesidades palmeras, recolecta datos con un alto porcentaje de confiabilidad, dentro de las labores cotidianas del cultivo. Con lo cual se hace merecedor al reconocimiento del trabajo debido a la importancia de su información y a los avances tecnológicos dentro de la agroindustria. Pues en este, expone la metodología tradicional y su nueva metodología en reportes de datos, buscando reducir la probabilidad de error en la información y su procesamiento (Imagen 2).

Imagen 2. Exposición de las rutas de información y procesamiento de datos, en un método tradicional y su riesgo de error comparado con un modelo de procesamiento sistémico



Fuente: Hoyos et al., 2014

Por medio de comparaciones, Cybertraker se diferencia de otras herramientas (Zamia Droid) en su caso; Las cual no superan el nivel de confiabilidad de los datos además de presentar dificultades para el manejo técnico en campo por medio de los operarios, razones por la cual Cybertraker aun lidera este manejo. (López *et al*.,2015).

El software Cybertracker es comúnmente utilizado para la captura de datos en campo, lo cual permite agilizar procesos y contribuir en los rendimientos a través de la creación de formularios que se adaptan a las características y necesidades de cada plantación en específico (Díaz, 2021). Para su ejecución se requiere un dispositivo móvil donde se instalan los formularios y mediante monitoreos a las palmas, se registran los datos como la zona visitada, la palma en específico y su ubicación, ya que al contar con la opción de GPS entrega como resultado los datos en una base de datos con la ubicación de cada punto visitado (Hoyos et al. 2014). También y dependiendo del diseño del formulario es posible registrar las especies plagas presentes, la fase del ciclo biológico en la que fue encontrada y el número de individuos; la información obtenida es procesada de manera fácil y rápida (Rincón et al. 2018), (Bochno *et al.*, 2021) esta aplicación al permitir modificar los formularios se puede utilizar no solo para el monitoreo de plagas sino para cualquier labor asociada al cultivo de palma de aceite (Tarazona et al 2017).

Por otra parte Alcázar en (2015)l indica la importancia de la implementación de los vehículos aéreos no tripulados (VANT), esto para el control del cultivo, lo que se ha considerado una alternativa de gran importancia y viabilidad, teniendo extensiones de terreno que requieren intervención eficiente; Los drones pueden equiparse con cámaras que pasa Naranjo en el (2018) “captan diferentes magnitudes de ondas con imágenes resultantes que optimizaran trabajo al ser procesadas ya que arrojan información real del estado del cultivo y las zonas a tratar con mayor urgencia”. Esto no solo significa un paso en la

implementación de herramientas tecnológicas en el cultivo sino también mayor eficiencia (Romero et al. 2015), estos vehículos no solo se utilizan para conocer el estado del cultivo sino también para el control de las plagas presentes, actualmente el mercado cuenta con gran variedad de equipos de este orden que están diseñados para realizar aplicaciones de plaguicidas los cuales abarcan grande cantidades de terreno en menor tiempo que al hacer una aplicación convencional, esto contribuye a la reducción de costos optimizando los recursos disponibles (Garzón *et al*., 2018).

La teledetección para enfermedades en cultivo de palma de aceite ha sido ampliamente utilizada ya que en ocasiones los monitores no brindan toda la información necesaria, existen algunas patologías características del cultivo de Palma de aceite, dependiendo de la zona y las condiciones agroclimáticas, una de las enfermedades que ha ocasionado pérdidas importantes en los cultivos de palma de aceite a nivel mundial es la pudrición basal de tallo causada por el hongo *Ganoderma sp.* , diversos estudios realizados muestras como mediante imágenes hiperespectrales se pueden detectar de manera temprana la enfermedad (Kurihara et al., 2022; Lee et al., 2022), también se obtuvo imágenes mediante sensores de infrarrojo cercano visible a 28 plántulas de palma de aceite que fueron inoculadas con el patógeno. (Noor et al., 2020). Obtener un tener un diagnostico anticipado de esta enfermedad permite conocer mejor, tomar acciones oportunas y con esto evitar pérdidas (Maris et al, 2019).

Otro caso realizado en costa rica donde se logró caracterizar palmas de aceite mediante espectro radiometría de campo, muestra las características de las plantas y el estado de las mismas afectadas por la enfermedad de la flecha seca, con esto se abre la posibilidad de aplicar la espectroscopia de reflectancia para la detección de estos patógenos (Martínez et al 2018).
Una de las enfermedades que ha causado mayor perdida en todas las zonas del país es la pudrición de cogollo causada por *Phytophthora palmivora*. Por lo tanto se han realizado estudios para determinar la viabilidad de detección temprana de la infección en las palmas afectadas, en un caso específico en una plantación de la zona central en Colombia donde se tomaron 43 palmas enfermas y 55 sanas donde se tomaron imágenes con un drone dotado de una cámara multiespectral, como resultado se muestra que las fotografías de alta definición para la infección temprana en la planta no son representativas, los autores explican que se pueden dar estos resultados ya que el patógeno inocula primero los tejidos más jóvenes, sin embargo es necesario realizar otros ensayos para determinar su veracidad (Vilela et al., 2017).

Otras Aplicaciones

Un estudio reciente en Malasia evaluó algunas características de un cultivo de palma de aceite como la altura de las palmas, diámetro a la altura de pecho, índice de área foliar esto debido a que utilizaron sensores remotos con diferentes bandas de color, (Cherie et al., 2015; Sheriza et al., 2020) también se ha utilizado las imágenes para realizar predicciones del contenido de aceite en los racimos de fruta fresca (RFF). (Romero et al. 2015.), También se debe tener en cuenta que para que el cultivo se encuentre en buen estado debe contar con los niveles nutricionales en equilibrio según sus requerimientos, ya que si las plantas presentan deficiencias el ataque de plagas y enfermedades puede llegar a ser devastador, para determinar los niveles nutricionales en lo cual Garbanzo (2017), hace participación mediante estrategias para realizar muestreos no destructivos al utilizar sensores remotos con bandas RGB y modelos para la validación geo-estadística de datos. Por lo cual se obtiene mayor precisión en los contenidos de nitrógeno y fosforo de la planta (Marzukhi et al., 2016; V. O. R. Romero et al., 2016.).

Discusión

Aunque la agricultura de precisión se vea como la ficha clave para el avance del campo agrícola: Zuñiga expone el uso de drones en

(2018) para los análisis de los estados vegetativos. Romero indica en (2022), el uso de sensores que detentan la influencia de variables ecosistémicas en la proliferación de la (PC). Rafael en (2009), da un punto de vista positivo al diseño del futuro sistema informativo.

Aunque se presentan complicaciones en la implementación dentro del cultivo de palma, pues esta demanda de una gran cantidad de terreno, el cual debe ser monitoreado y debe contar con instalaciones informáticas, sensores y experiencia en el análisis de los datos de las imágenes (Lee et al., 2016).

Las agroindustrias han tenido la ventaja y la necesidad de incorporar sistemas, dispositivos e inteligencia artificial, dentro de los cultivos, con el fin de mejorar las producciones y suplir las demandas de la población a nivel mundial (Cañas, 2020).

Aunque las tecnologías para el gremio palmero tengan costos elevados y esto sea un punto de quiebre al momento de adquirirlas, las asociaciones deben buscar estrategias para ir tecnificando el campo, esto mediante la organización de políticas públicas que generen una solución a las dificultades de compra. Así mismo, verse beneficiado al tener reportes de avances tecnológicos en la palma de aceite. (Torres 2019) así que es importante seguir evaluando, los beneficios que ha traído los avances tecnológicos dentro de las revoluciones agroindustriales.

Conclusiones

El aporte de diferentes autores sobre el manejo que se le ha dado a las plantaciones de palma aceitera mediante las tecnologías, nos hace creer en el nuevo sistema agrícola que está llevando a grandes productores a desarrollar la sostenibilidad vital en el desarrollo del cultivo.

Así mismo mediante la presente revisión se permitió conocer los avances y aplicaciones de los diferentes métodos y técnicas utilizados en la agricultura de precisión, principalmente la teledetección para el manejo y control del estado fitosanitario del cultivo de palma de aceite
(Tabla 1).

Tabla 1: Tecnologías aplicadas en cultivo palma de aceite

País	Tecnología Incorporada	Objetivo
Malasia	Teledetección con sensores remotos	Aplicar la técnica no destructiva para identificar la deficiencia de nutrientes en plantaciones de palma aceitera mediante el uso de técnicas de teledetección
Indonesia	Video con cámara RGB para el conteo de racimos para estimar la cantidad de extracción de aceite	Conteo de racimos de fruta fresca en palma de aceite utilizando visión por computador
Malasia	Uso de espectroscopia visible/infrarrojo cercano (Vis/NIR)	Determinación de la firma espectral de las especies de larvas de *Metisa plana* Walker (Lepidoptera: Psychidae) mediante el uso de espectroscopia visible/infrarrojo cercano (Vis/NIR).
Malasia	Técnicas de visión por computadora, vista, espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR), detección y rango de luz (LiDAR) y tono,	El objetivo de esta investigación es categorizar la madurez de RFF de palma aceitera a partir de los datos recibidos del sensor y crear un mapa de distribución.

	saturación e intensidad (HSI)	

Agradecimientos

Agradecimiento a los docentes del diplomado, a la profesora Paola Andrea Valencia Achuri por sus enseñanzas en la construcción critica de documentos escritos y empresas Hacienda La Cabaña y Grupo Agroindustrial Hacienda La Gloria en las que se ha tomado y analizado enseñanzas de campo.

Referencias

Alcázar, H. F. (2015). La palma es energía. *Boletín El Palmicultor*, *524 Octubr*, 22–24.

Araque, L., & Jiménez, A. (2009). Caracterización de firma espectral a partir de sensores remotos para el manejo de sanidad vegetal en el cultivo de palma de aceite. *Revista Palmas*, *30*(3), 63–79.

Arias, N. A., Beltrán, J. A., Guerrero, J. M., & Sánchez, A. C. (2014). Tecnologías para el manejo de la Pudrición del cogollo (PC) de la palma de aceite validadas en las zonas palmeras de Colombia. *Revista Palmas*, *35*(2), 39–52.

Azzari, G., & Lobell, D. B. (2017). Landsat-based classification in the cloud: An opportunity for a paradigm shift in land cover monitoring. *Remote Sensing of Environment*, *202*, 64–74.

Balasundram, S. K. (2016). Estudios seleccionados de agricultura de precisión en palma de aceite: un resumen de diez años. *Revista Palmas*, *37*, 243–266.

Belgiu, M., & Drăguţ, L. (2016). Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *114*, 24–31.

Bochno, E. (2021). Cenipalma: 30 hitos y logros. *Boletín El Palmicultor*, *594*(Agosto), 14–18.

Cabra, J. A. (2011). Avances en el manejo sanitario de la palma de aceite en Colombia: organización tecnología, aplicación gestión de recursos. *Revista Palmas*, *32*(2), 100–108.

Calvache, H. H. (2004a). La identificación y el control de los focos iniciales en el manejo eficiente de plagas en palma de aceite. *Revista Palmas*, *25*(especial,), 186–193.

Calvache, H. H. (2004b). La identificación y el control de los focos iniciales en el manejo eficiente de plagas en palma de aceite. *Revista Palmas*, *25*(especial,), 186–193.

Calvache, H. H., Mora, L. S., & Guevara, L. A. (1995). Anillo rojo-hoja corta en palma de aceite: tecnología disponible en Colombia. *Revista Palmas*, *16*(especial), 211–218.

Cañas, G. R. M. (2020). Inteligencia artificial: herramienta al servicio de la agroindustria en Colombia. *Universitas Científica*, 38–41.

Castro, O. (2020). Avances para la vinculación de tecnología de sensoramiento remoto con UAV (Unmanned Aerial Vehicle) para el seguimiento sanitario de plantaciones de palma de aceite. *Revista de Topografía AZIMUT*, *11*(1).

Cherie, D., Herodian, S., Mandang, T., & Ahmad, U. (2015). Camera-vision based oil content prediction for oil palm (Elaeis Guineensis Jacq) fresh fruits bunch at various recording distances. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, *5*(4), 314–322.

Díaz Cuello, J. L. (2021). *Aplicación del programa Cybertracker en el procesamiento de la información de cosecha en la empresa Palmas de*

Mahates en el municipio de Mahates Bolívar.

Dashington, J. M., & Azuero, A. F. G. (2021). *Balance 2020 y perspectivas 2021 de la agroindustria de la palma de aceite*. Fedepalma.

Forero, D. C. (2009). Análisis de los sistemas de captura y procesamiento de información para la toma de decisiones en el manejo de los insectos defoliadores de la palma de aceite en Colombia. *Revista Palmas*, *30*(1), 53–67.

Garbanzo-León, G., Alemán-Montes, B., Alvarado-Hernández, A., & Henríquez-Henríquez, C. (2017). Validación de modelos geoestadísticos y convencionales en la determinación de la variación espacial de la fertilidad de suelos del Pacífico Sur de Costa Rica. *Investigaciones Geográficas, Boletín Del Instituto de Geografía*, *2017*(93), 20–41.

Garzón, J. M., & Luque, F. (2018). *Implementación de drones para incrementar la productividad en el agro colombiano*.

Giraldo, J. A. B., Pulver, E., Moreno, J. M. G., & Montoya, M. M. (2015). Cerrando brechas de productividad con la estrategia de tecnología productor a productor. *Revista Palmas*, *36*(2), 39–53.

Golhani, K., Balasundram, S. K., Vadamalai, G., & Pradhan, B. (2018). A review of neural networks in plant disease detection using hyperspectral data. *Information Processing in Agriculture*, *5*(3), 354–371.

Hoyos, M. C., & Romero, V. O. R. (2014a). Uso de dispositivos móviles para la captura de datos en campo con formularios electrónicos a través del programa Cybertracker. *Revista Palmas*, *35*(4), 127–136.

Hoyos, M. C., & Romero, V. O. R. (2014b). Uso de dispositivos móviles para la captura de datos en campo con formularios electrónicos a través del programa Cybertracker. *Revista Palmas*, *35*(4), 127–136.

Hurtado, R. E., & Rincón, V. O. (2010). La geomática como herramienta de apoyo en el desarrollo de un modelo espacio temporal para el análisis y seguimiento de la Pudrición del Cogollo y el Rhynchophorus Palmarum: caso Tumaco (Nariño), Colombia. *Revista Palmas*, *31*(especial,), 416–426.

Kurihara, J., Koo, V.-C., Guey, C. W., Lee, Y. P., & Abidin, H. (2022). Early Detection of Basal Stem Rot Disease in Oil Palm Tree Using Unmanned Aerial Vehicle-Based Hyperspectral Imaging. *Remote Sensing*, *14*(3), 799.

Lee, C. C., Koo, V. C., Lim, T. S., Lee, Y. P., & Abidin, H. (2022). A multi-layer perceptron-based approach for early detection of BSR disease in oil palm trees using hyperspectral images. *Heliyon*, *8*(4), e09252.

Lee, J. S. H., Wich, S., Widayati, A., & Koh, L. P. (2016). Detecting industrial oil palm plantations on Landsat images with Google Earth Engine. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, *4*, 219–224.

León, J. L. T. (2020). Aeronaves pilotadas por control remoto, un apoyo tecnológico para el palmicultor. *Boletín El Palmicultor*, *581*(Julio), 15–17.

Lizarazo Salcedo, I. A., & Alfonso Carvajal, O. A. (2011). Aplicaciones de la agricultura de precisión en palma de aceite "Elaeis Guineensis" e hibrido O x G. *Revista de Ingeniería*, *33*, 124–130.

López Posada, J. C. (2015). *Asistencia técnica apoyada en dispositivos móviles para la captura de datos en Indupalma*.

Maris, N. M. N. M. N., & París, C. A. (2019). Una década de investigación en teledetección de la enfermedad Ganoderma en Malasia. *Revista Palmas*, *40*(Especial T), 220–230.

Martínez-Barbáchano, R., & Solís-Miranda, G. A. (2018). Caracterización espectral y detección de flecha seca en palma africana en Puntarenas, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, *2*(61), 349–377.

Marzukhi, F., Elahami, A. L., & Bohari, S. N. (2016). Detecting nutrients deficiencies of oil palm trees using remotely sensed data. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *37*(1), 012040.

Montoya, M. M., Villabona, M. V., Díaz, C. F., Álvarez, E. R., Suárez, M. U., Vargas, F. R., & Arias, N. A. (2016). Costos de producción de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia en 2014. *Revista Palmas*, *37*(2), 37–53.

Naranjo Raigoza, K. (2018). *Análisis del NDVI óptimo para mejorar el rendimiento de la palma de aceite africana*.

Navarro España, J. L., Ocampo López, C. E., & Saumeth De las Salas, L. A. (2013). Concentración y precios en el mercado mundial de aceite de palma 1985-2005. *Tendencias*, *14*(2), 143–162.

Noor Azmi, A. N., Bejo, S. K., Jahari, M., Muharam, F. M., Yule, I., & Husin, N. A. (2020). Early detection of Ganoderma boninense in oil palm seedlings using support vector machines. *Remote Sensing*, *12*(23), 3920.

Patrick, H. C., Tey, S. H., & Goh, K. J. (2013). La teleobservación y las tecnologías digitales para el manejo de las plantaciones. *Revista Palmas*, *34*, 259–279.

Rafael, E., & Camacho, H. (2009). Sistemas de Información Geográfica, herramienta para diseñar el futuro. *Boletín El Palmicultor*, *449*, 20–22.

Rincón, R., Molina, V., Torres, L., & Jorge, L. (2018). *Elaboración de formularios móviles digitales para el registro de datos en plantaciones de palma de aceite (Principios básicos)*.

Rizeei, H. M., Shafri, H. Z. M., Mohamoud, M. A., Pradhan, B., & Kalantar, B. (2018). Oil palm counting and age estimation from WorldView-3 imagery and LiDAR data using an integrated OBIA height model and regression analysis. *Journal of Sensors*, *2018*.

Romero, J. C., & Badillo, B. L. (2022). *Sistema de monitoreo de variables medio ambientales para el registro de parámetros que influyen en la plaga PC (Pudrición de cogollo) con mejoras en los procesos de siembra y cosecha de los cultivos de palma de aceite*.

Romero, V. O. R., Villarreal, A. M., Zabala, A., Barrera, O., & Torres, J. L. (n.d.). *Marcación de palmas con códigos QR*.

Romero, V. R., Villareal, A. M., León, J. L. T., & Hernández, A. H. (2015). Perspectivas de la tecnología VANT en el cultivo de palma de aceite: monitorización del cultivo mediante imágenes aéreas de alta resolución. *Revista Palmas*, *36*(3), 25–41.

Rural, D. (2009). *Análisis exploratorio de la evolución espacio-temporal de la incidencia de Pudrición del Cogollo (PC) de la palma de aceite (EIaeis guineensisiacq.) en el núcleo productivo de San Andrés delumaco*.

Selvaraja, S., Balasundram, S. K., Vadamalai, G., Husni, M. H. A., & Khosla, R. (2014). Remote Sensing as a Tool to Assess Orange Spotting Disease in Oil Palm (Elaies guineensis). *Mitt. Klosterneubg*, *64*, 12–26.

Shafri, H. Z. M. S. M., & París, C. A. (2019). Métodos de inteligencia artificial (IA) para aplicaciones de teledetección de palma de aceite. *Revista Palmas*, *40*(Especial T), 185–193.

Sheriza, M. R., Nurul, M. F., & Ainuddin, N. A. (2020). Application of remote

sensing to assess the biophysical characteristics of palm oil trees for

Tarazona Medina, J. D. J. (n.d.). *Comparación entre el sistema tradicional de toma de datos en campo y un sistema de información mediante dispositivos móviles, para el manejo de Marchitez Letal (ML), de la palma de aceite en la plantación Los Araguatos.*

Torres Borrero, A. (2019). *La adopción de la tecnología en cultivos de palma de aceite en los llanos orientales de Colombia*.

ecological study. *Journal of Landscape Ecology*, *13*(3), 63–78.

Vilela, D., Resende, J. C. de, Leite, J. B., & Alves, E. (2017). A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. *Revista de Política Agrícola*, *26*(1), 5–24.

Zúñiga López, J. M. (2018). *Aplicación de sensores remotos para análisis del estado vegetativo del cultivo de palma de aceite por medio del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y firmas espectrales mediante fotografías aéreas*.