

COMPARACION 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

JUAN DE JESUS TARAZONA MEDINA

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
ECAPMA
AGRONOMIA

ACACIAS META

2017

EVALUACIÓN COMPARATIVA 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

JUAN DE JESUS TARAZONA MEDINA

PROYECTO PARA OBTENER EL TITULO DE AGRONOMO

ING. GENITDH DIAZ
ASEOR ENCARGADO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
ECAPMA
AGRONOMIA

ACACIAS META
2017

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Acacias Meta 2017

A Dios por permitir ver mi sueño cumplido a pesar de tantas adversidades, por la sabiduría para sortear esas adversidades y por darme la confianza para lograr las metas cumplidas.

A mi esposa Sandra quien me brindó su apoyo incondicional en las largas jornadas de estudio, a mis hijos Lorena, Camilo quienes siempre se interesaron por el resultado de mis estudios.

A mi madre quien siempre estuvo pendiente y me apoyo con la oración para que lograra mi sueño, a mis hermanos por su apoyo moral y emocional desinteresado, a mis sobrinos que fueron un apoyo académico

Agradecimientos

A la Ingeniera Genidth Diaz como tutora de este proyecto de investigación, quien me apoyo con su conocimiento para sacarlo adelante. A los directivos de La plantación Los Araguatos por permitirme realizar la investigación. A la universidad y sus docentes quienes me brindaron la oportunidad de ser profesional integro con capacidad de aplicar mi conocimiento en el campo colombiano.

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	6
1 INTRODUCCION	8
2 OBJETIVOS	9
2.1 OBJETIVO GENERAL	9
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	9
3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
4 FORMULACION DEL PROBLEMA	12
5 JUSTIFICACION	13
6 REFERENTE TEORICO	15
6.1 MARCO TEORICO	15
6.1.1 LA PALMA ACEITERA	15
6.1.2 ORIGEN	15
6.1.3 INTRODUCCION DE LA PALMA ACEITERA EN AMERICA	15
6.1.4 INTRODUCCION DE LA PALMA AFRICANA A COLOMBIA	15
6.1.5 TAXONOMIA DE LA PALMA ACEITERA	16
6.1.6 MORFOLOGIA DE LA PALMA DE ACEITE	16
6.1.6.1 Raíces	16
6.1.6.2 Tronco	16
6.1.6.3 Hojas	17
6.1.6.4 Inflorescencias	17
6.1.6.5 Fruto	17
6.1.7 LABORES REALIZADAS EN EL CULTIVO	18
6.1.7.1 Siembra	18
6.1.7.2 Control de malezas en platos y calles	18
6.1.7.3 Cosecha	18
6.1.7.4 Recolección de racimos	18
6.1.7.5 Fertilización	19
6.1.7.6 Manejo Integrado de Plagas MIP	19
6.1.7.7 Manejo Integrado de Enfermedades MIE	19

6.1.8	APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN CULTIVOS DE PALMA DE ACEITE	22
6.1.9	Software CyberTracker	27
7	METODOLOGÍA	29
7.1	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	29
7.1.1	Georreferenciación de los lotes	29
7.1.2	Identificación del área de muestreo	29
7.2	MÉTODOS UTILIZADOS	30
7.2.1	Formato físico impreso	30
7.3	Método digital con software CyberTracker	31
7.3.1.1	Instalación de CyberTracker en el PC	31
7.3.1.2	Diseño de formularios en CyberTracker	32
7.3.1.3	Instalación de CyberTracker en dispositivos móviles	8
7.3.2	Toma de datos en campo haciendo el monitoreo de la enfermedad Marchitez Letal	8
7.3.2.1	Monitoreo por método convencional	9
7.3.2.2	Monitoreo por el método digital	9
7.3.2.3	Ingreso de registro en la base de datos creada en la PC, capturados por el método convencional	9
7.3.2.4	Ingreso de registro en la base de datos creada en la PC, capturados por el método digital	10
7.4	Toma de tiempos requeridos para la entrega de los informes	12
8	RESULTADOS	13
8.1	Datos obtenidos por los dos métodos	13
8.2	Rendimientos en hectáreas recorridas por jornal	14
8.2.1	Método convencional	14
8.2.2	Método digital	15
8.3	Tiempo utilizado en ingresar los datos a las bases de datos	16
8.3.1	Días requeridos para la entrega de los informes por los dos métodos	18
9	Conclusiones	21
10	Recomendaciones	22
11	Referencias	23

Resumen

Teniendo en cuenta la problemática fitosanitaria que se presenta en la zona Oriental de Colombia en el cultivo de palma de aceite, los costos utilizados para el manejo de la sanidad, los requerimientos por parte de las autoridades como el ICA y CENIPALMA con el objetivo de realizar un mejor control de la enfermedad, se realizó una comparación de dos métodos de captura de datos, para conocer si era posible obtener la información de manera más rápida y confiable por medio de capturas con dispositivos móviles. La investigación se realizó en una de las plantaciones con más alta incidencia de Marchitez Letal (ML), en el municipio de San Carlos De Guaroa, donde se realizaron censos en diferentes lotes utilizando el método convencional con formatos de papel y por el método digital con dispositivos móviles; para la captura en los dispositivos se utilizó el software CyberTracker el cual se instaló en una PC y se crearon los diferentes formularios que contenían la información necesaria para registrar los datos en campo. Para la captura de la información en campo por el método digital, se escogieron lotes al azar para realizar los censos, teniendo en cuenta los ciclos de revisión que llevaba la plantación en el momento de la investigación, y se procedió a registrar palmas enfermas en diferentes lotes con los dos métodos, y digitar la información que se capturo en los formatos de papel en una hoja de Excel y la información capturada por el método digital se descargó directamente a la PC, por medio del programa creado en CyberTracker. Se midieron variables como cantidad de registro, hectáreas recorridas por jornada laboral (8 horas) por los dos métodos, el tiempo utilizado en pasar la información de los formatos y el dispositivo móvil a la PC, los resultados indican que el método digital es mejor en cuanto la rapidez, seguimiento y confiabilidad de la información, según estudios realizados por (Hoyos, 2014).

1 INTRODUCCION

En la actualidad el cultivo de palma de aceite en la zona de San Carlos de Guaroa está siendo afectado por enfermedades como pudrición de cogollo y Marchitez Letal (ML). Entidades como CENIPALMA han implementado un protocolo para su manejo en el cual se deben registrar datos en campo y llevarlos a una base de datos para la toma de decisiones. Es importante que la información se lleve de la misma forma en todas las plantaciones de tal forma que cuando se integre en las bases de datos de CENIPALMA sea fácil de analizar, por lo que es necesario que el sistema de información para la captura de los datos sea unificado. Las plantaciones de San Carlos de Guaroa no registran datos de manera digital solo utilizan el método convencional con formatos de papel y hojas de cálculo.

Según (Patrick, 2013), el avance de la tecnología en los últimos años permite que se obtenga información valiosa por parte de los agricultores para la toma de decisiones en el manejo de enfermedades y plagas, además del monitoreo de los recorridos de sus empleados y la digitalización de las labores realizadas en la plantación.

Los costos de producción de una tonelada de aceite se ven incrementados por diferentes rubros entre ellos el manejo fitosanitario con 4,4%. Mosquera y Sánchez, 2006, citado por (Romero, 2008). Estos costos se pueden reducir implementando tecnologías utilizando programas como CyberTracker en dispositivos móviles con sistemas Android, para la captura de datos en campo y luego pasarlos a una base de datos.

La utilización de dispositivos móviles permite utilizar menos recurso como formatos de papel y una persona dedicada a la digitación de la información en una base de datos, teniendo en cuenta que con los dispositivos móviles la información se descarga directamente del móvil a la PC. El objetivo de la investigación es comparar la captura de datos por medio de dispositivos móviles usando el software CyberTracker y el método convencional en formatos impresos en papel.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Comparar el sistema convencional para la captura de datos en campo con un sistema de información por medio de dispositivos móviles, utilizando el software CyberTracker, para el manejo de la enfermedad Marchitez Letal (ML) en el cultivo de palma de aceite en la plantación Los Araguatos.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ⇒ Compara los rendimientos en hectáreas por jornal para la captura de registros en campo por el método digital y convencional.
- ⇒ Identificar los tiempos utilizados en el ingreso de registros a una base de datos para la entrega de los resultados.

3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad en la zona oriental de Colombia se está dispersando una enfermedad de la palma llamada Marchitez Letal (ML), causando daños económicos en las plantaciones por la gran cantidad de casos reportados y palmas erradicadas (PARDEY & ARANGO, 2016). La enfermedad se presentó por primera vez en el año 1994 en la zona del bajo Upia (Casanare), y a la fecha según los datos que maneja la coordinadora de manejo sanitario en las subzonas palmeras entre el año 1994 y 2015 se reportan 320.000 casos de ML (PARDEY & ARANGO, 2016).

En el municipio de San Carlos de Guaroa la problemática sanitaria relacionada con ML tiene una alta incidencia causado daños económicos, por la gran cantidad de palmas erradicadas como es el caso de la plantación Los Araguatos que para enero del 2017 ha perdido 21.220 palmas representando un 37,16%. (Tarazona, 2017) Los primeros casos de palmas afectadas por ML fueron 115, en junio de 2013 y para diciembre de 2013 contaba con un acumulado de 554 palmas, en el 2014, 1.943 palmas, en 2015 7.644 palmas, 2016 9.934 palmas y para febrero de 2017 22.177 palmas, que representan 155 hectáreas.

Esta enfermedad está poniendo en riesgo la permanencia del cultivo en el futuro porque muchos palmicultores manifiestan que ya no quieren renovar cultivos por causa de las pérdidas que genera la enfermedad en cultivos jóvenes. (Tarazona, 2017)

Con el objetivo de detener el avance de la ML Cenipalma ha propuesto un protocolo para el manejo de la enfermedad dentro del cual se requiere realizar el monitoreo de las poblaciones del insecto vector *Haplaxius crudus* con el fin de identificar las zonas con mayor riesgo de contagio y su respectivo control, además del monitoreo de la enfermedad en los lotes cada 15 días y cuando se detecta el primer caso de ML se deben reducir los ciclos a 7 días (PARDEY & ARANGO, 2016), después de detectada una palma enferma se debe erradicar al día siguiente. Con la información capturada en campo se deben realizar mapas temáticos para evaluar la evolución y posibles focos de la enfermedad.

En el manejo fitosanitario del cultivo se debe llevar un control por medio de información sistematizada con el objetivo de poder analizar y tomar decisiones de acuerdo con la evolución de las enfermedades. Las plantaciones que en la actualidad registran los casos de ML, lo hacen de forma manual en formatos de papel, luego se digita en hojas de cálculo para crear las bases de datos, sin

embargo, se pueden presentar errores cuando se registra un dato en el formato y en la digitación. (Tarazona, 2017).

Este proceso requiere de gran cantidad de formatos en papel y tiempo en digitación haciendo más dispendiosa la labor y retrasando la consolidación de resultados para la toma de decisiones, dependiendo de la cantidad de trabajo del digitador oscila entre 2 y 5 días.

La falta de información precisa de algunas plantaciones no ha permitido llevar estadísticas reales que permitan analizar el comportamiento de la enfermedad a nivel regional y es así como en la actualidad se presentan diferentes puntos de vista con relación a los resultados del manejo, en algunas plantaciones donde no se realiza el manejo establecido por CENIPALMA hay baja incidencia de la enfermedad y en algunas plantaciones que realizan el protocolo tienen alta incidencia.

4 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿De qué manera la Plantación Los Araguatos puede mejorar la metodología para la captura de datos en campo en el monitoreo de enfermedades apoyada en dispositivos móviles?

5 JUSTIFICACION

El uso de la tecnología en el cultivo de palma de aceite para el monitoreo de enfermedades permite que se tengan la información con más rapidez, verificar si los censos se hacen recorriendo los lotes de la forma adecuada, plasmar la información en sistemas de información geográfica para ver la evolución de la enfermedad. Según (Patrick, 2013), el avance de la tecnología en los últimos años permite que se obtenga información valiosa por parte de los agricultores para la toma de decisiones en el manejo de enfermedades y plagas, además del monitoreo de los recorridos de sus empleados y la digitalización de las labores realizadas en la plantación.

Los costos de producción de una tonelada de aceite se ven incrementados por diferentes rubros entre ellos el manejo fitosanitario con 4,4%. Mosquera y Sánchez, 2006, citado por (Romero, 2008) Estos costos se pueden reducir implementando tecnologías utilizando programas como CyberTracker en dispositivos móviles con sistemas Android, para la captura de datos en campo y luego pasarlos a una base de datos. En los comienzos de la plantación Los Araguatos realizaba el monitoreo de enfermedades y plagas por el método convencional con formatos en papel, lo que lleva a incrementar los costos de la labor y se corre el riesgo de cometer errores durante la digitación de la información en la PC.

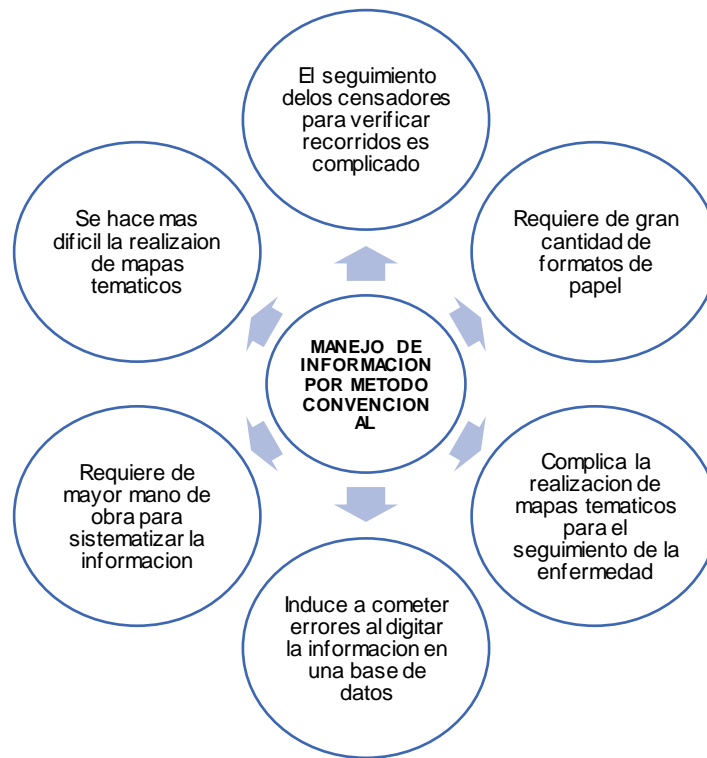
Por lo anterior es importante el manejo de la información por medios digitales de tal forma que se garantice que los monitoreos de enfermedades se hagan de la forma adecuada para poder tomar decisiones en el control, y la facilidad de combinar los diferentes sistemas de información disponibles para la realización de mapas temáticos, los cuales nos permiten ver de manera didáctica el comportamiento de las enfermedades.

Con los datos capturados en formatos de papel también es posible realizar mapas temáticos, sin embargo, tiene algunas dificultades para su manejo. Según (Patrick, 2013) los mapas convencionales presentan algunas dificultades como su reproducción que se deben realizar en copias de papel, no es posible reproducirlo en varias escalas, complicado para agregar o quitar características, solo se puede estimar las áreas. A diferencia de los mapas digitales que nos facilitan su reproducción varias veces, a la escala deseada, y estimar el área exacta del cultivo.

Por lo anterior se pretende comparar el sistema convencional para la captura de datos en campo con un sistema de información por medio de dispositivos móviles, utilizando el software CyberTracker, para el manejo fitosanitario del cultivo de palma

de aceite especialmente enfermedades como Marchitez Letal (ML), en la plantación Los Araguatos.

Figura 1. Identificación del problema del método convencional



Fuente: Elaboración propia

6 REFERENTE TEORICO

6.1 MARCO TEORICO

6.1.1 LA PALMA ACEITERA

La palma africana es la oleaginosa con mayor concentración de aceite por volumen en el fruto alcanzando entre el 18% y 23% sobre el peso del racimo. Es planta monoica porque produce flores masculinas y femeninas, con tronco erecto solitario que puede alcanzar más de 40 m de altura en estado natural. En cultivos industriales para la obtención de aceite su altura se limita a los 10-15 m, con un diámetro de 30-60 cm cubierto de cicatrices de hojas viejas.

6.1.2 ORIGEN

Existen indicios fósiles y documentos que suponen su origen de África. El polen fósil encontrado en el Mioceno y más reciente en el delta del río Níger es similar al de la palma aceitera, lo que hace suponer que la palma existió en África desde antes de Cristo. Algunos documentos afirman que la palma es originaria de América, sin embargo, literatura afirma que en 1768 fue introducida por los esclavos negros que venían de África (Vega, 1994).

6.1.3 INTRODUCCION DE LA PALMA ACEITERA EN AMERICA

Las primeras semillas llegaron en 1920 procedentes de Sumatra, Java y Malasia, en 1951 se sacaron los primeros resultados sobre la superioridad de la línea Deli Dura sobre las de origen africano (Vega, 1994).

6.1.4 INTRODUCCION DE LA PALMA AFRICANA A COLOMBIA

La introdujo en 1932 por el doctor Florentino Claes desde el Jardín Botánico Eala, Congo Belga. Las semillas se sembraron en la estación Experimental de Palmira Valle, sin embargo, hasta 1960 se comienza la explotación a escala comercial (de la Espriella, 1987).

Para la época existía un déficit en la producción de aceites, la fuente para la producción se basaba en algodón, ajonjolí, soya copra y productos animales como el cebo y manteca de cerdo (de la Espriella, 1987).

6.1.5 TAXONOMIA DE LA PALMA ACEITERA

Familia

- Palmaceae

Tribu

- Coccoineae

Jacquin 1763 le dio el nombre de *Eleais guineensis*

Segun Leon 1987 la clasifico en tres especies

- *E. Guineensis* de Africa occidental
- *E. Oleifera* de Centroamerica a Brasil
- *E. Odora* de America del sur (poco conocida)

Fuente: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=xZkO8yiPqf0C&oi=fnd&pg=PR5&dq=Morfologia+de+la+palma+africana+de+aceite&ots=1HCsIO38lw&sig=h6Msa96xXwHyXhssi5wdO7qvdKs> adaptado de

6.1.6 MORFOLOGIA DE LA PALMA DE ACEITE

6.1.6.1 Raíces

Compuesta de una estructura cónica de la cual se desprenden cerca de 10.000 raíces con un diámetro de 5 a 10 mm. Las primarias se desarrollan horizontal y su función es de anclaje de la planta. De las primarias se originan las secundarias con diámetro de 2 a 5 mm, seguidas de las terciarias de 1 a 2 mm y por ultimo las cuaternarias encargadas de la absorción de los nutrientes (Vega, 1994).

6.1.6.2 Tronco

En los primeros años se desarrolla como un cono del cual se desprenden las hojas de la parte más delgada y del otro extremo las raíces adventicias. Puede alcanzar una altura de 15 a 20 metros y su diámetro de 30 a 50 cm. De la parte meristemática se originan las hojas que oscilan entre 1,8 y 2 hojas por mes. Su función es d

soporte, transporte de nutrientes y almacenamiento de carbohidratos y minerales (Vega, 1994).

6.1.6.3 Hojas

Se generan a partir de los primordios foliares de junto con las inflorescencias. Las hojas alcanzan longitudes de 5 a 7 mts y 5 a 8 kilos. La filotaxia de la palma depende del crecimiento de las hojas en el espiral y puede ser derecha o izquierda. Cada hoja está compuesta por foliolos, espinas y un raquis y en la parte próxima al tronco se engruesa para formar el peciolo. (Vega, 1994).

6.1.6.4 Inflorescencias

La palma es monoica lo que quiere decir que desarrolla flores femeninas y masculinas en diferentes épocas en la misma planta. Las inflorescencias aparecen a los 20 o 24 meses en cada hoja que se desarrolla en la palma y según las condiciones edáficas y climáticas se forman masculinas o femeninas (Vega, 1994).

Las flores masculinas están formadas por un pedúnculo del cual se forman 100 espigas las cuales contienen aproximadamente mil flores. El polen tiene un olor a anís. Las flores femeninas se forman al comienzo con el mismo aspecto de las masculinas cubiertas por espatas y protegida por brácteas de diferentes tamaños. Tiene un perianto doble y el pistilo compuesto por un ovario tricarpelar y un estigma sésil (Vega, 1994).

Después de realizar la polinización por insectos especializados y el viento se forman racimos entre los 5,5 y 6 meses de ser polinizada la flor femenina. El racimo está conformado por frutos y puede alcanzar en palma joven de 1 a 3 kg y en palma adulta pueden pesar hasta 100 kg, (Vega, 1994).

6.1.6.5 Fruto

Drupa de forma ovoide, de 3-6 cm de largo y con un peso de 5-12 g aproximadamente. Están dispuestos en racimos con brácteas puntiagudas, son de color rojizo y alcanzan hasta los 4 cm de diámetro.

Colombia lidera la producción de aceite de palma en América, aunque apenas participa con el 2% de la mundial: somos tomadores de precios. Según

FEDEPALMA el área sembrada para el año 2015 fue de 465.985 a nivel nacional y en la zona oriental 181.543.

6.1.7 LABORES REALIZADAS EN EL CULTIVO

6.1.7.1 Siembra

Se deben sembrar variedades certificadas teniendo en cuenta que es un cultivo para 25 años. El terreno se debe adecuar con drenajes y canales de riego, hacer análisis químicos para conocer el estado de los nutrientes y hacer las respectivas correcciones. La densidad por hectárea (ha), va de acuerdo con la variedad y está entre 115 y 163 palmas por ha.

6.1.7.2 Control de malezas en platos y calles

El control de malezas se debe hacer de acuerdo con el desarrollo del cultivo. En cultivos jóvenes se deben realizar plateos con guadaña cada 3 meses, en palma adulta se deben hacer e plateos mecánicos (con guadaña) al año, seguidos por plateos químicos (con herbicida) 15 días después del plateo mecánico. En las calles se controlan las malezas con implementos como el Rotor-Speed,

6.1.7.3 Cosecha

El indicador para el corte del fruto es cuando se desprenden por si solos de 5 o más frutos del racimo, el corte se realiza con un gancho o cuchillo malyo, las hojas que se cortan se disponen alrededor de la palma como fuente de materia orgánica (MO).

6.1.7.4 Recolección de racimos

Esta labor se realiza colocando el racimo en remolques que van alados por un tractor para llevarlos al centro de cargue a los camiones para trasladar al fruto a la planta extractora.

Podas: consiste en cortar las hojas que ya no son funcionales en la palma, para facilitar la cosecha y evitar la acumulación de plagas y consumo de nutrientes. Estas hojas se disponen en los platos como fuentes de MO.

6.1.7.5 Fertilización

La fertilización se realiza de acuerdo con los análisis químicos del suelo, el fertilizante se aplica entrando la época de lluvias y en dos periodos al año y se dispone en el plato de la palma. En la actualidad no se aplica fertilización en la plantación los Araguatos.

6.1.7.6 Manejo Integrado de Plagas MIP

Para el manejo Integrado de Plagas la mejor estrategia es mantener estable el agroecosistema para garantizar que los ataques de diferentes plagas afecten la producción del cultivo. Por lo que podemos definir el MIP dentro del agroecosistema en tres aspectos.

Según (Calvache, 2001) las tres actividades son: a) manejo del agroecosistema del cultivo; b) detección de focos de plagas potenciales; y c) manejo de los focos iniciales.

El manejo del agroecosistema tiene que ver con la vegetación circundante al cultivo como las plantas arvenses nectaríferas que son los hospederos de los insectos depredadores de algunas plagas. Las plantas nectaríferas se encargan de proporcionar carbohidratos a los insectos parasitoides. Algunas de las plantas nectaríferas tenemos *Cassia tora* L, *C. occidentalis* L, *C. reticulata* (Willd.) Pitter, *Crotalaria juncea* L, *Croton trinitatis* Mills., *Hyptis capitata* Jacq., *H. atrorubens* Poir, *Salolium* sp., *Heliotropium indicum* L, *Malva silvestris* L, *Malva* sp., *Urena trilobata* Velloso, *Urena lobata* L., *Urena Triumfeta lappula* L, estas plantas hospederas de parasitoides como *S. cecropia*, *O. cassina*, *E. elaeasa*, *C. daedalus*, *Hispoleptis* sp., *L. gibbicarina* entre otras (Calvache, 2001).

6.1.7.7 Manejo Integrado de Enfermedades MIE

Los monocultivos como la palma africana modifican el medio ambiente reemplazando los bosques y vegetación nativa, lo que lleva a que aparezcan diferentes patógenos que causan enfermedades letales y no letales. Algunos hongos nativos pueden invadir los cultivos. Como el caso del hongo *Ganoderma* que se adapta a la palma africana (Sánchez, 1990).

Las enfermedades atacan diferentes partes de la planta como las hojas, raíces y los conductos conductores de nutrientes como la Marchitez Letal. Para su control se debe prevenir la llegada del agente causal, erradicar palmas enfermas cuando son letales, tratamientos con agroquímicos, y utilización de materiales tolerantes a las diferentes enfermedades (Sánchez, 1990).

Algunas enfermedades representan pérdidas económicas en el cultivo como son la Pudrición de Cogollo, marchitez Sorpresiva, Marchitez Letal, las más representativas en la zona Oriental.

- ✚ La pudrición de cogollo afecta las partes donde se generan las hojas o tejido meristemático presentando un color marrón y olor fétido, esto causa que la flecha colapse, las hojas nuevas presentan un color amarillo y posteriormente se secan (Sánchez, 1990). A diferencia de la zona de Tumaco en la zona Oriental por pudrición de cogollo no mueren las palmas, pueden recuperarse después de 2 años de presentada la enfermedad, aplicando insecticidas y fungicidas para controlar el hongo y los picudos, o en muchos casos se recuperan sin ningún tratamiento.
- ✚ La Marchitez Letal es una enfermedad que tiene preocupados a los palmicultores donde tiene gran incidencia como en el Municipio de San Carlos de Guaroa, debido a que los síntomas aparecen a los seis meses después de ser infectadas por el vector *Haplaxius crudus*, el cual pasa de una palma a otra y en el proceso de alimentación deja el patógeno de la enfermedad (fitoplasma), (PARDEY & ARANGO, 2016).

El insecto vector es de la familia *Cixxidae*, orden *Hemiptera*, y en su estado de ninfa se alimenta de las raíces de la gramínea y en su estado adulto salen a las hojas de las palmas y se alimentan de la savia por medio de su aparato bucal de tipo chupador. El ciclo de vida pasa por huevo que es colocado por las hembras en la base de las raíces de las gramíneas y toma 14 días para emerger la ninfa que se alimenta de las raíces y pasa por cinco instares en 39 días de donde emerge el adulto que tiene un periodo de vida de 25 a 30 días (PARDEY & ARANGO, 2016).

El insecto se encuentra dentro del cultivo todo el año, sin embargo, en la época seca es cuando más se presentan altas poblaciones especialmente en la zona Oriental (Arango et al., 2012^a; Sierra et al., 2014b), citado por (PARDEY & ARANGO, 2016). Cuando la palma es infectada por la enfermedad se presentan cambios en el proceso fisiológico y aparecen

síntomas como la pudrición de inflorescencias y los frutos pierden su color y se pudren en la base desprendiéndose fácilmente del racimo. En los folíolos se observa un secamiento desde la punta hacia adentro, síntoma que se hace extensivo a las hojas ubicadas en los niveles superiores (Arango, 2016), citado por (PARDEY & ARANGO, 2016).

En la zona de San Carlos De Guaroa se han encontrado palmas con presencia de la enfermedad, sin embargo, algunos síntomas descritos inicialmente no se presentan como el daño de inflorescencias y de racimos, (Tarazona, 2017).

El manejo de la ML requiere de un protocolo estricto para lograr disminuir la incidencia de la enfermedad, y se debe realizar en todas las zonas de influencia debido a el desplazamiento del vector por medio del viento, lo que puede llevar a infectar plantaciones vecinas. El personal encargado del manejo de la ML debe estar capacitado en lo que tiene que ver con los síntomas de la enfermedad y la biología del vector que las transmite, además de como capturar el vector con trampas amarillas, el proceso de detección y erradicación de palmas con ML (PARDEY & ARANGO, 2016).

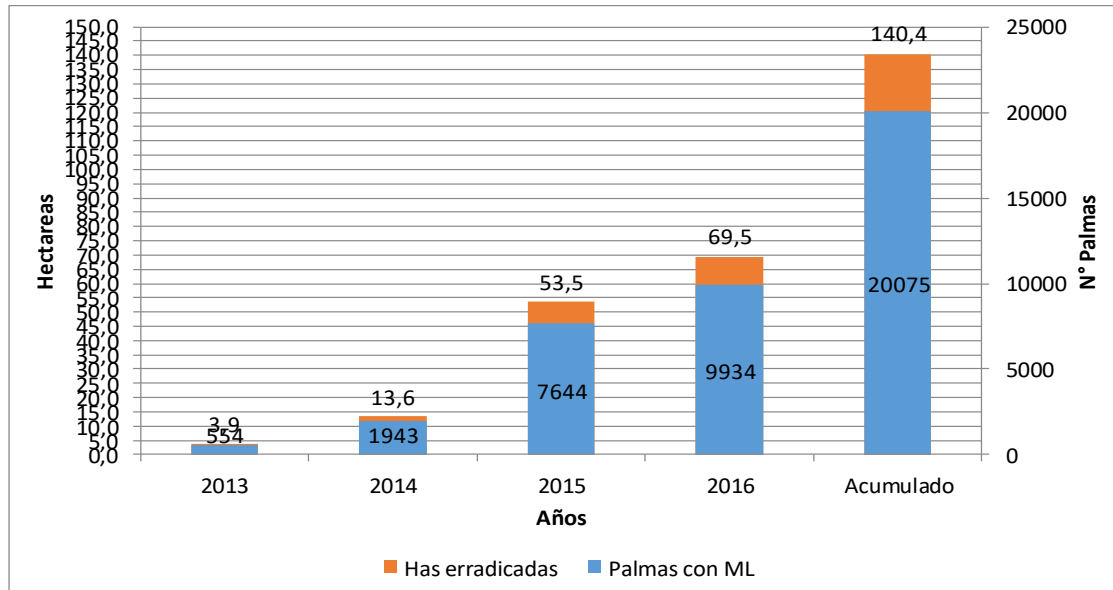
Teniendo en cuenta el objetivo de esta investigación de comparar la metodología de captura de datos en el monitoreo de la enfermedad, se tiene en cuenta las recomendaciones de Cenipalma de monitorear cada 15 días las plantaciones donde hay la presencia de la enfermedad, después de encontrar un caso de MI en una plantación se deben reducir los monitoreos de 15 a 7 días. Los resultados del monitoreo se deben almacenar en bases de datos de tal forma que se pueda analizar la información para la toma de decisiones.

6.1.8 Comportamiento de la Marchitez Letal en la plantación Los Araguatos

Los primeros casos de la enfermedad iniciaron en junio de 2013 y al final de año contaba con 554 palmas que representan $3,9 \text{ ha}^{-1}$, y para el final del año 2016 el número de palmas erradicadas por la enfermedad fue de 20.075 equivalentes a $140,4 \text{ ha}^{-1}$. El manejo de la enfermedad se realizaba cumpliendo las directrices de CENIPALMA, sin embargo, el manejo de la información se realizaba en formatos de papel para después ingresarlos a una base de datos en hoja de cálculo Excel (Tarazona, 2017).

En la figura 2 se muestran los datos de las palmas y hectáreas erradicadas en la Plantación Los Araguatos.

Figura 2 Comportamiento de la Marchitez Letal en la plantación Los Araguatos



Fuente: Plantación Los Araguatos

6.1.9 APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN CULTIVOS DE PALMA DE ACEITE

6.1.10 La teleobservación y tecnologías digitales para el manejo del cultivo de palma

La informática ha permitido grandes avances en el desarrollo de la agricultura, desde los computadores hasta los dispositivos móviles contribuyen para que las actividades que se realizan en el diseño de las plantaciones aumenten la eficiencia y productividad. En la actualidad se puede tener información al instante por medio de diferentes tecnologías como el internet y los dispositivos móviles, información que tiempos atrás solo se podía ver en formatos de papel. La información digitalizada según Kok *et al.*, 2000, citado por (Patrick, 2013), permite que se tenga información detallada por sitios específicos con lo que se pueden lograr resultados buenos en la parte de administración. La información digitalizada también es útil para realizar mapas temáticos georreferenciados de tal forma que se pueda ver los comportamientos de las plantaciones en diferentes actividades.

Existen tecnologías como Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) y Sistemas de Información Geográfica (SIG) que se utilizan en la creación de mapas en las plantaciones, además se puede mostrar y editar información de mapas topográficos, mapas de suelos, censos de enfermedades y plagas, estos mapas digitales tienen ventajas sobre los convencionales porque son más fáciles de editar y sobreponer información. (Patrick, 2013).

La presencia de una enfermedad en una plantación presenta un problema que debe de ser manejado adecuadamente desde identificar la enfermedad, su comportamiento y en algunos casos el vector que la transmite, si podemos digitalizar la información y colocarla en un mapa es más útil y se puede visualizar el avance de la enfermedad y por consiguiente tomar la decisión de intervención. Esta información es posible capturarla por medio de dispositivos móviles como PDA, y teléfonos móviles con GPS incorporados, logrando que la información sea más confiable. Cuando se tiene la información digitalizada se interviene en los sitios donde las labores presentan bajos rendimientos, esto se puede lograr utilizando dispositivos móviles con GPS incorporado. (Patrick, 2013).

La teleobservación inició en la agricultura en el año 1929 con la creación de mapas cartográficos, luego se realizaron trabajos relacionados con las interacciones de la luz con el dosel de las plantas, más tarde en plantaciones para modelos digitales de elevación Tey *et al.*, 2000, citado por (Patrick, 2013).

6.1.11 Trazado automático de plantaciones

Para la siembra de plantaciones de palma de aceite se utiliza la técnica de tres bolillos que consiste en trazar una línea norte sur y a partir de esta se trazan triángulos a 9 o 45 mts., para ubicar las palmas en los puntos intermedios. Cuando se utiliza la Agricultura de Precisión los recursos, mano de obra e insumos son más eficientes, apoyados en tecnologías como GPS, SIG, DGPS, VRT (Salcedo, 2011).

6.1.12 Manejo de Plagas y enfermedades

Para un manejo adecuado del cultivo y las enfermedades se debe georreferenciar los lotes, las líneas o surcos y las palmas, con dispositivos GPS los cuales tienen una precisión entre 1 y 10 mts. Los datos obtenidos se pueden modelar en un Sistema de Información Geográfica SIG, donde se aprecia toda la información asociada al cultivo y almacenarla en un Gestor de Bases de Datos. CENIPALMA ha desarrollado

un sistema para la captura de datos por dispositivos móviles PDA, reemplazando los formatos de papel y minimizando la posibilidad de cometer errores. (Salcedoa, 2011)

Para la captura de datos en el manejo de plagas y enfermedades entidades como CENIPALMA han desarrollado un programa por medio de dispositivos móviles denominados asistentes digitales personales PDA por sus siglas en inglés. Con estas tecnologías se evita el uso de formularios en papel en los cuales se puede cometer errores, lo mismo que un digitador para el ingreso de datos al PC y por consiguiente agilidad en la obtención de la información sin errores. (Forero, 2009)

6.1.13 Manejo de la información de insectos defoliadores en la Zona Central

El manejo de las plagas en la zona central ha causado daños económicos considerables, por lo anterior CENIPALMA en conjunto con los cultivadores diseñaron programas para el manejo de la información. El programa consiste en utilizar los Sistemas de Información Geográfica para modelar los datos y crear mapas temáticos. Para la captura y manejo de la información algunas plantaciones implementaron sistemas con dispositivos móviles PDA. (Martínez, 2009).

Los Sistemas de Información Geográfica nos permiten tener acceso a información a través de Internet, por medio de mapas temáticos donde se evidencia la información recolectada en las plantaciones, para que los técnicos de las plantaciones tomen las decisiones adecuadas para el manejo de los insectos. (Martínez, 2009).

6.1.14 Agricultura de precisión en el manejo de la palma de aceite

La agricultura de precisión es un método sostenible que utiliza diferentes herramientas tecnológicas para capturar información de los cultivos para la toma de decisiones que mejoren los rendimientos, la disminución de costos de producción y la reducción de los impactos ambientales Zhang et ál., 2002; Srinivansan, 2006., citado por (Romero, 2008).

La Agricultura de precisión requiere de tecnologías como los GPS, sensores locales o remotos, y SIG para modelar la información y elaborar mapas, equipos y maquinaria para la aplicación de insumos. El proceso comienza con el diseño del mapa de rendimientos y el mapa de suelos permite crear un sistema de soporte de decisiones SSD. Con el mapa de tratamientos se puede modificar la aplicación de

insumos en el equipo de aplicación cuando se instala en el computador del tractor. Este modelo aplica para los diferentes equipos utilizados para aplicaciones como herbicidas e insecticidas (Leiva, 2003).

La finalidad del manejo del cultivo con agricultura de precisión es poder manejar áreas específicas como lotes, bloques y palmas individuales, incorporando varias tecnologías y minimizando el impacto ambiental. Para llevar a cabo este manejo es necesario contar con equipos móviles que incluyan GPS y estaciones meteorológicas, una base de datos relacional para almacenar la información y un programa para manejar la información geográfica. (Salcedo, 2011).

En Colombia se ha aplicado Agricultura de precisión a diferentes cultivos como banano, caña de azúcar, forestales, maíz y algodón, por entidades del gobierno como Ministerio de Agricultura y el ICA entre otros.

En palma de aceite países como Malasia e Indonesia han aplicado la Agricultura de Precisión con tecnologías como GPS, capturando información enviada por sensores próximos y remotos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG), analizando la información para incrementar la eficiencia en la utilización de fertilizantes, la productividad y el seguimiento a variables ambientales (Romero, 2008). Uno de los sistemas utilizados en Malasia para el manejo de la información del cultivo como soporte para tomar decisiones es el software OMP8 (Oilpalm Management Program), sin dejar de lado las Buenas Prácticas Agronómicas y la sostenibilidad económica, apoyados por empresas privadas, palmicultores y proveedores de tecnología. (Romero, 2008).

6.1.15 Ventajas y desventajas de la Agricultura de Precisión

Las ventajas se enfocan en aspectos técnicos, ecológicos y económicos. Los técnicos se basan en variables recolectadas en sitio específicos que permiten encontrar problemas y en casos generar nuevos problemas. Los ecológicos usos racionales de insumos agrícolas, pero una desventaja puede ser que se tome la decisión de aplicar más fertilizante para aumentar la producción, dejando de lado el impacto ambiental. Y en lo económico se ahorra dinero porque la cantidad de insumos aplicados es muy precisa y aumenta el rendimiento del cultivo (Leiva, 2003).

6.1.16 Agricultura de precisión en el sector palmero colombiano

En cabeza de CENIPALMA se ha desarrollado la tecnología de Unidades de Manejo Agronómico (UMAS), donde se ven características como clima, tipo de suelo, material de siembra y edad del cultivo, con estas variables se puede hacer un manejo adecuado para cada UMA y aumentar el rendimiento. Otro sistema de información implementado por CENIPALMA es un Sistema de Información Geográfica para el manejo de los insectos defoliadores de la Zona Central, manejo de la Pudrición de Cogollo y la Marchitez Letal (Romero, 2008).

El SIG permite analizar la información por arte de las entidades encargadas del manejo fitosanitario de la zona, para dar a los agricultores la posible solución, además por medio del SIG se pueden obtener mapas para ponerlos al servicio de los agricultores donde se evidencia el avance de las enfermedades y plagas, y si las incidencias están por encima de los umbrales permitidos, los cuales causan daños económicos (Romero, 2008).

6.1.17 Agricultura de precisión para el manejo de cuencas Hidrográficas

El avance de la tecnología, la programación y la facilidad del intercambio de información por Internet, permiten que se mas fácil tener acceso a los SIG y aplicarlos en el manejo de las cuencas. Para el manejo de las cuencas por medio de los SIG es necesario que interactúen varias disciplinas. Con los SIG se tienen los datos disponibles para ser analizados y actualizados y así tomar decisiones. Se tiene a la mano modelamientos a bajo costo (Gomez, 1997).

Los SIG también permiten enlazar con modelos ambientales de acuerdo con la necesidad, y conocer los cambios temporales por medio de una geografía dinámica. Además, permiten el almacenamiento de información para la toma de decisiones, y permiten el proceso de planificación interdisciplinaria (Gomez, 1997).

6.1.18 Técnicas Geomáticas aplicadas en la agricultura

Las tecnologías geomáticas también llamadas Geoinformáticas son un conjunto de tecnologías y programas que permiten el análisis de datos sobre la tierra y su representación en el espacio, esto con el fin de evaluar la capacidad productiva de la actividad agropecuaria. Los Sistemas Geodésicos de Referencia, Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), la Cartografía, Fotogrametría, Teledetección Espacial y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Ponvert-Delisle, 2012).

La geomatización de la agricultura está tomando cada día más fuerza en los países desarrollados. El catastro Agrícola como herramienta para la gestión agraria por medio de parcelas es importante para el manejo agrícola, medioambiental, gestión de riesgos y desastres. (Ponvert-Delisle, 2012).

6.1.19 Las TIC en la Agricultura

La aplicación de las TIC influyen en la producción agrícola y en los procesos de la cadena agroalimentaria, en la parte administrativa son útiles para la toma de decisiones basados en los datos digitales que se pueden obtener de los SIG, como el uso racional de los recursos, de los agroinsumos, disminución de enfermedades y plagas y manejar el cambio climático (Nagel, 2012).

Para enfrentar el cambio climático se deben desarrollar alertas tempranas utilizando tecnologías como teledetección, georreferenciación, sensores remotos, y transmisión de datos en tiempo real. La adopción de las TIC es un proceso complejo pasando de funciones básicas a implementación de procesos para controlar la parte administrativa, económica y financiera, y finalmente la incorporación de un sistema que integra los demás subsistemas. (Nagel, 2012).

La adopción de las TIC requiere conlleva a incrementar los costos de acuerdo en la etapa en que encuentre el proceso, es decir para el inicio se requieren bajos costos y para las etapas finales donde se requieren Sistemas de Información Geográfica SIG, son costos elevados y solo las grandes empresas con capacidad financiera alta las pueden obtener (Nagel, 2012).

Las ciencias agronómicas se han visto beneficiadas por el avance de la tecnología, cambiando la manera de manejar la explotación agrícola. Las TIC permiten mejorar el trabajo y la resolución de problemas, estas tecnologías se están impulsando en los países en desarrollo para lograr dar un giro a la manera de trabajar la tierra. La información almacenada en un computador puede estar de diferentes maneras, la cual se debe procesar de manera adecuada para poder tomar decisiones (Pérez, 2006). En el manejo de los suelos el uso de la informática y la aplicación de la Agricultura de Precisión han permitido que se les dé un manejo adecuado a los suelos teniendo en cuenta aspectos económicos y ambientales y los cambios en su estructura química como pH, materia orgánica, fósforo y potasio, junto con la posición exacta de las maquinarias durante su recorrido por el campo (Pérez, 2006).

6.1.20 Software CyberTracker

CyberTracker es una herramienta eficiente y sencilla para la recolección de datos, se puede utilizar en Smartphone, iPhone o Pocket PC para grabar información, no requiere conocimientos de programación, y permite personalizar los formularios para la captura de información, es utilizado en la investigación científica de fauna salvaje y flora, en parques nacionales y en todo el mundo por algunas comunidades indígenas, la ciencia ciudadana, educación, forestales, agrícolas, encuestas sociales, prevención del delito y atención de desastres <http://www.cybertracker.org/>

Por medio d CyberTracker se puede programar para que registrar la ubicación del dispositivo y se pueden obtener la latitud, longitud fecha y hora, esto con el fin de hacer seguimiento a la persona que se encarga de tomar información en campo (Díaz, 2016). La herramienta CyberTracker ha permitido minimizar la perdida de información en campo por olvido de la toma de datos que en ocasiones se desea posponer para tomarlo en otro momento y la eliminación de formatos de papel ya que se los datos pasan directamente de los dispositivos móviles a la base central de información (Díaz-Delgado, 2010)

7 METODOLOGIA

La investigación se llevó a cabo en la plantación Los Araguatos propiedad de la empresa Palmeras Los Araguatos S.A.S., ubicada en el municipio de San Carlos de Guaroa, Meta, durante los meses de febrero y marzo de 2017. La plantación está ubicada geográficamente en latitud 3° 43' 00" N y longitud 73° 15' 00" O, con una altura de 220 m.s.n.m., caracterizada por una precipitación media anual de 2.200 mm año, luminosidad media de 1.718 horas sol año, temperatura media de 29 °C y humedad relativa de 79,8 %. El área total de la plantación es de 539,9 hectáreas distribuida en 24 lotes, de los cuales se evaluaron 14 para obtener un área representativa.

Las siembras de la plantación se iniciaron en 1985 con material Montelibano, se plantaron 50.490 palmas distribuidas en 11 lote, dos años más tarde se sembraron 25.245, para el año 2002 1.637 y para el 2004 1.261 para un total de 78.633.

7.1 RECOLECCION DE INFORMACION

7.1.1 Georreferenciación de los lotes

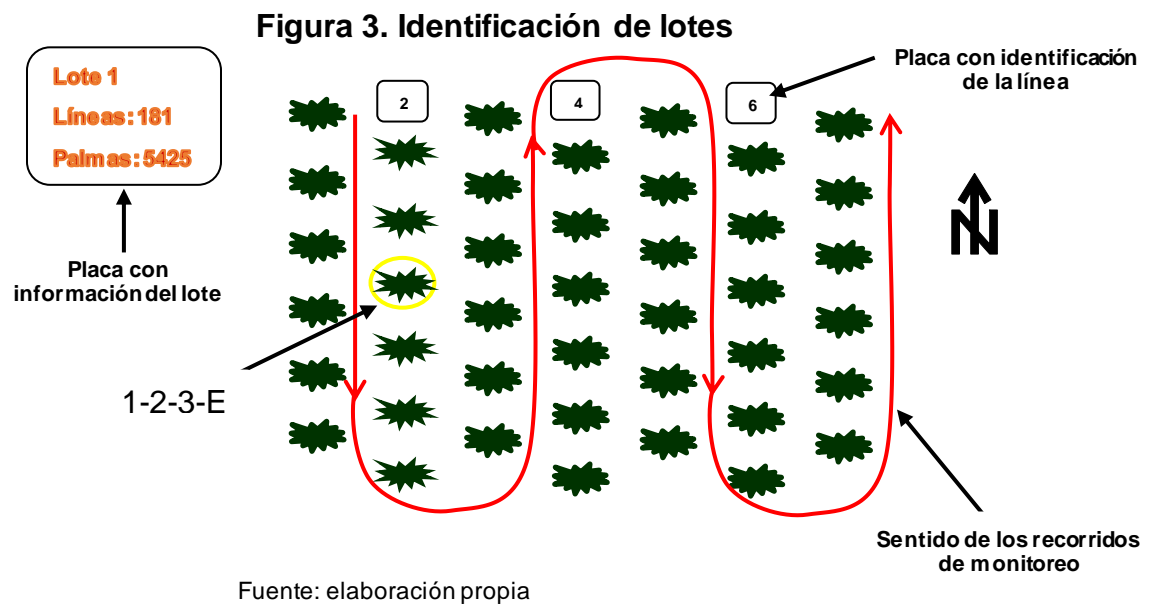
Para poder identificar las diferencias en las hectáreas recorridas cuando se hiciera la recolección de los datos en campo, se hizo un reconocimiento de los lotes y de la identificación de los mismos de acuerdo con lo establecido por la plantación.

7.1.2 Identificación del área de muestreo

Se tomaron los datos de georreferenciación que existía de los lotes de acuerdo con lo establecido por la plantación en sus inicios. Los lotes estaban identificados del 1 al 24, cada lote contaba con diferente número de líneas y cada línea un número determinado de palmas. El lote estaba identificado con una placa en plástico que contenía la información del lote como número del lote, número de líneas y número de palmas. El número de la línea estaba identificado con un número plasmado en una plaqueta de plástico (Figura 1) pegado cada dos líneas comenzando por la línea número 2.

La identificación de las palmas está dada por el número del lote, número de la línea, número de la palma y la orientación, en la Figura 1 la palma dentro del círculo se identifica así: lote 1, línea 2, palma 3, entrando (1-2-3-E)

La orientación se refiere al sentido en que se comienza a realizar el censo Entrando (E) o Saliendo (S), entrando cuando se inicia por el lado donde están ubicados los números de las líneas y saliendo por el lado contrario, en la Figura 3 se muestra siguiendo las flechas como se inicia el recorrido para el censo de enfermedades, tomando dos líneas, iniciando el recorrido por la línea 1 y 2 en sentido norte sur y regresando por las líneas 3 y 4 sentido sur norte y así sucesivamente hasta terminar el lote.



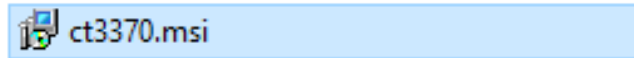
7.2 METODOS UTILIZADOS

7.2.1 Formato físico impreso

En la parte de encabezado se encuentra el nombre de la empresa, la fecha, nombre del registrador y la plantación. En el cuerpo del formato se encuentran dos secciones con las iniciales LOT (lote), LIN (línea), PALMA, CASO, GRADO Y OBSERVACIONES. Bajo el ítem Palma en dos columnas se encuentran las letras E y S, que indican el sentido en que se hace el censo, Caso se refiere a la enfermedad, teniendo en cuenta que el formato estaba diseñado para diferentes enfermedades y el Grado específicamente cuando se encontraban palmas de Pudrición de Cogollo. En la parte inferior se encuentran las convenciones donde se relacionan las diferentes enfermedades enumeradas del 1 al 5, donde 1= pudrición

Al finalizar la instalación queda un icono para la instalación en la PC, desde el cual se instaló la aplicación.

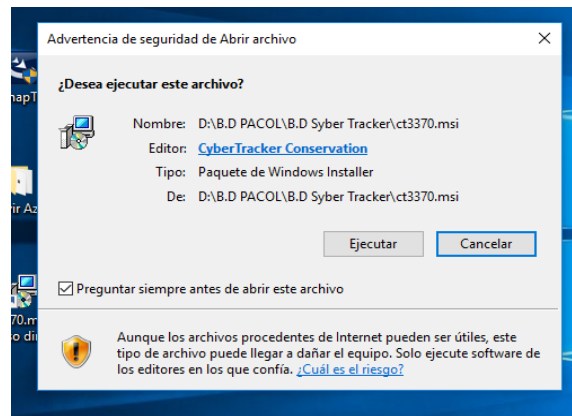
Figura 5. Icono de instalación de CyberTracker



Se creó una carpeta identificada con CyberTracker y se guardó el link de instalación en la misma, después se instaló el software se ejecutó para la instalación como se muestra en la Figura 5., se siguió las indicaciones de instalación hasta quedar completa. La instalación dejó un icono de ejecución del software en el escritorio después de instalado en la PC.

El icono del programa se dejó en el escritorio de la PC, para ejecutarlo cuando fuera necesario

Figura 6. Inicio de la ejecución de



Fuente: elaboración propia

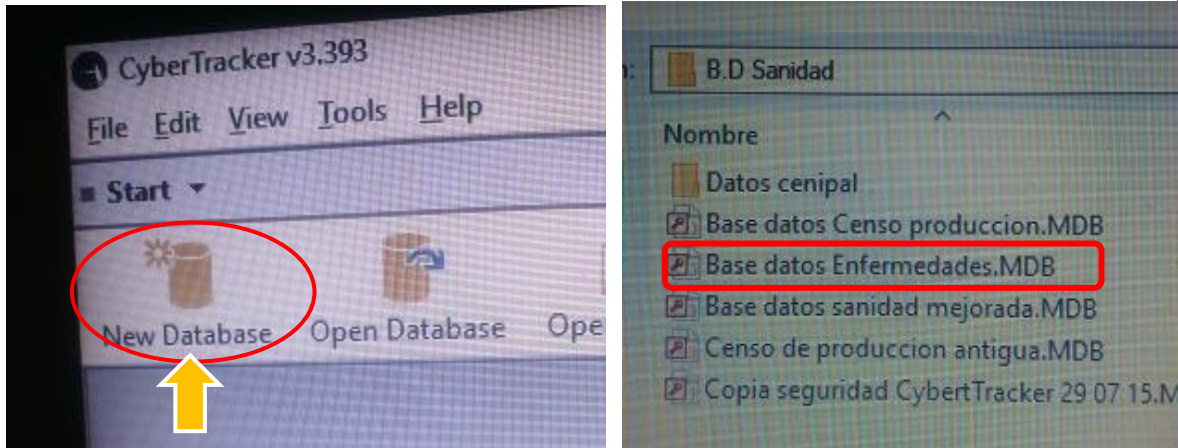
Para abrir el programa se dio clic en el icono que está en el escritorio del Pc. Después se procedió a diseñar los formularios teniendo en cuenta las características de los formularios convencionales.

7.3.1.2 Diseño de formularios en CyberTracker

El diseño de los formularios se realizó teniendo en cuenta los parámetros del formulario de papel y se mejoró, agregando una columna para la fecha de erradicación de las palmas infectadas por ML, descripción de los síntomas y la opción de agregar fotografías.

Después de ejecutar el programa apareció una ventana y se abrió la pestaña **New Database**, seguido se guardó la base de datos con el nombre **Base datos Enfermedades.MDB**. Figura 7.

Figura 7. Pantalla para crear la Base de Datos

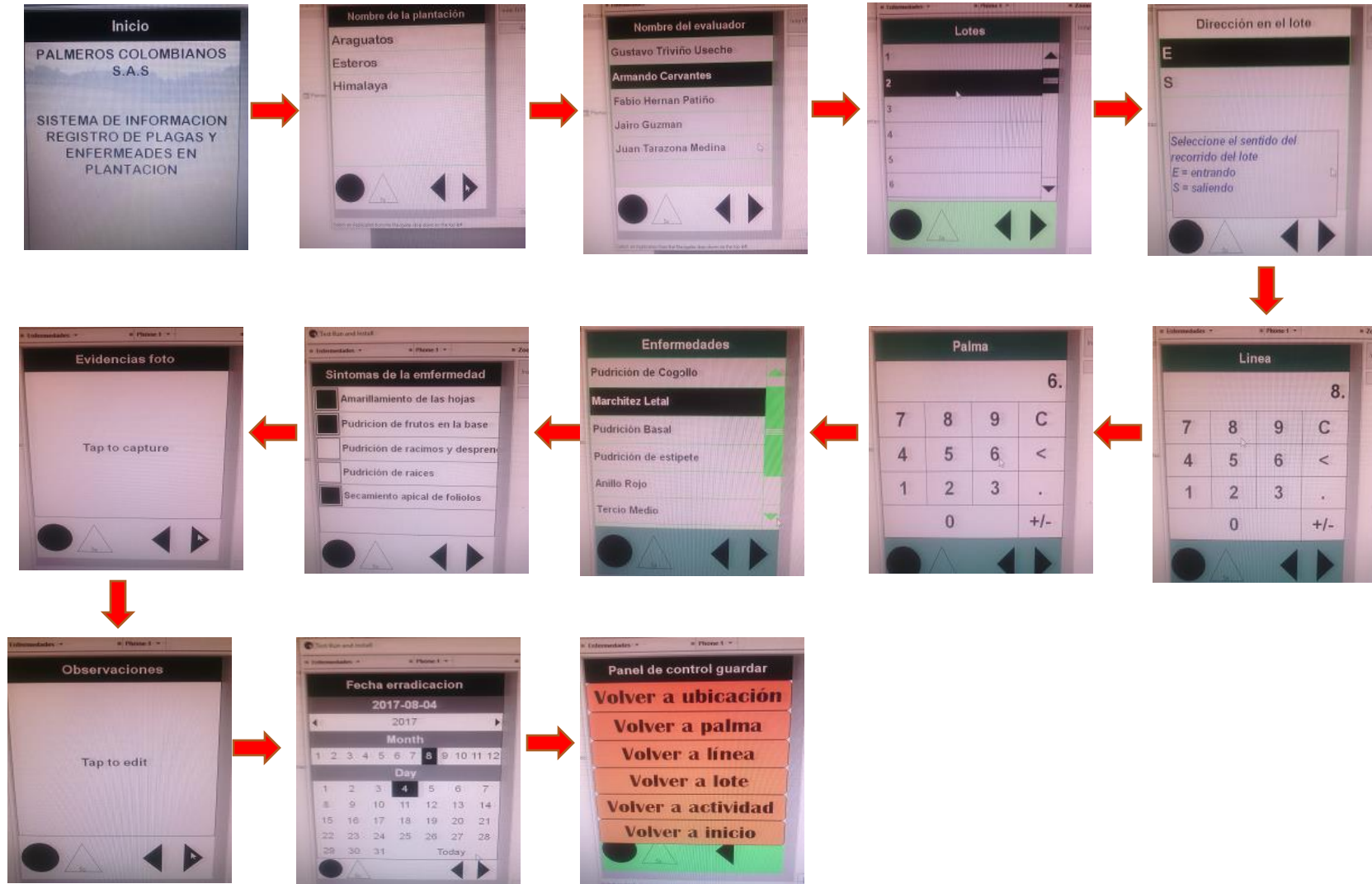


Fuente: El autor

Se crearon trece formularios con la información necesaria para la captura de datos en campo, con los mismos campos que tenía el formulario impreso. Figura 8.

En el diseño presenta cada formulario de manera muy sencilla y el empleado solo debe seleccionar opciones o en algunos casos escribir números. En el formulario Observaciones es donde en ocasiones debe escribir texto.

Imagen 8. Diagrama secuencial de formularios para la captura de datos



Fuente: El autor

7.3.1.3 Instalación de CyberTracker en dispositivos móviles

Una vez diseñados los formularios se procedió a instalar la aplicación en los dispositivos móviles, para poder realizar el monitoreo en campo. El diseño e instalación de los formularios estuvo a cargo de la persona encargada del manejo de la información de la plantación, quien contaba con un nivel educativo de Tecnólogo en Diseño de Sistemas de Información.

A continuación, se describen los pasos que se tuvieron en cuenta para la instalación de la aplicación en los dispositivos móviles.

1. Configure el dispositivo para permitir la instalación de CyberTracker. En ajustes y seguridad habilite la opción permitir instalación de software de origen desconocido.
2. Conecte el dispositivo en el Pc
3. Ejecute el programa CyberTracker en el PC y abra el archivo creado
4. Dentro del programa vaya a aplicación
5. Haga clic en instalación para dispositivo móvil
6. Espere hasta que le indique que el proceso finalizo y desconecte el móvil de la PC
7. En el móvil vaya a la carpeta archivos y ejecute CyberTracker para su instalación.
8. Cuando tenga creado los formularios para la captura de datos en el PC haga clic en test run.
9. Haga clic en instalación para dispositivo móvil

7.3.2 Toma de datos en campo haciendo el monitoreo de la enfermedad Marchitez Letal.

Se realizaron censos de ML cada 7 días como lo indica el protocolo durante 2 meses, en el cual se evaluó el número de hectáreas recorridas por jornal. (7:00 am hasta las 12:00 am y en la tarde de 1:00 pm a 4:00 pm.).

Se realizó el monitoreo a lotes diferentes por los dos métodos, con el objetivo de comparar los rendimientos en cantidad de hectáreas recorridas, la cantidad de palmas registradas no se tuvieron en cuenta porque era diferente para cada lote de acuerdo con la incidencia de la enfermedad.

7.3.2.1 Monitoreo por método convencional

Para la recolección de datos por el método convencional se utilizó el formato establecido por la plantación, los cuales se diligenciaron todos los campos. El recorrido se inició por la calle entre la línea 2 y 3 del lote, registrando las palmas que presentaban la enfermedad colocando el número del lote, el número de línea, el número de palma y el sentido en que se estaba realizando el recorrido.

7.3.2.2 Monitoreo por el método digital

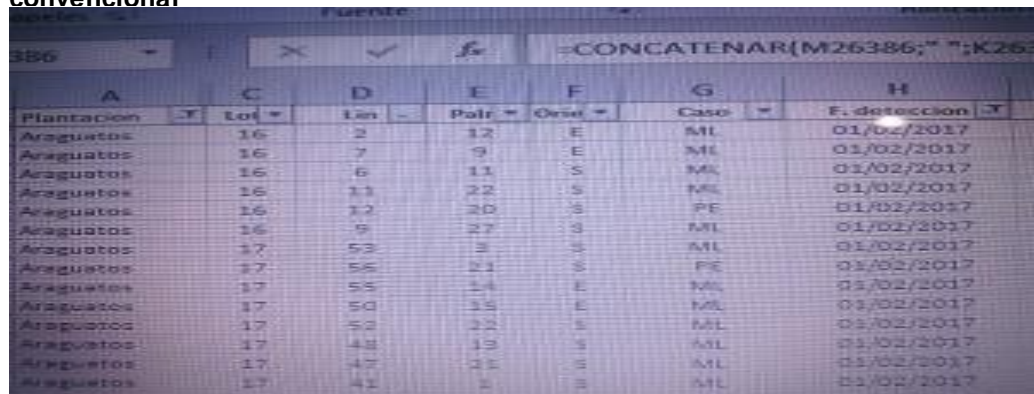
En el móvil se activó el GPS para capturar los puntos donde se digitaba un registro, se inició la captura de datos de la misma manera que el método convencional, comenzando el recorrido por la calle de la línea 2 y 3 del lote. Cuando se registraba una palma con la enfermedad el evaluador se ubicó junto a la palma para guardar el registro de tal forma que el GPS ubicara el punto.

7.3.2.3 Ingreso de registro en la base de datos creada en la PC, capturados por el método convencional.

Para identificar los tiempos utilizados en digitar los datos a una base de datos en Excel se creó una base de datos, con las mismas columnas que el formato convencional. La información se digito y se contabilizo el tiempo desde que se inició la digitación hasta la entrega de los informes.

En la Figura 9., se muestran los campos que se crearon para el ingreso de la información. En la primera columna se colocó el nombre de la plantación, en la segunda el nombre del lote, en la tercera la línea, en la cuarta la palma, en la quinta la orientación, en la sexta el nombre de la enfermedad, donde se colocó las iniciales de la enfermedad, por ejemplo, para Marchitez Letal se digito ML.

Figura 9. Hoja de Excel creada para ingresar la información de formato convencional



A	C	D	E	F	G	H
Plantacion	Lote	Lin	Palma	Orien	Caso	F. deteccion
Araguatos	16	2	12	E	ML	01/02/2017
Araguatos	16	7	9	E	ML	01/02/2017
Araguatos	16	6	11	S	ML	01/02/2017
Araguatos	16	13	22	S	ML	01/02/2017
Araguatos	16	12	20	S	PE	01/02/2017
Araguatos	16	9	27	S	ML	01/02/2017
Araguatos	17	53	3	S	ML	01/02/2017
Araguatos	17	56	21	S	PE	01/02/2017
Araguatos	17	55	14	E	ML	01/02/2017
Araguatos	17	50	15	E	ML	01/02/2017
Araguatos	17	52	12	S	ML	01/02/2017
Araguatos	17	48	13	S	ML	01/02/2017
Araguatos	17	47	15	S	ML	01/02/2017
Araguatos	17	41	1	S	ML	01/02/2017

Fuente: El autor

Se tomaron los tiempos en minutos, que se emplearon en el ingreso de la información y después se verifico nuevamente con los datos del formato para garantizar de no digitar un registro que no corresponde, a lo capturado en el formato, también el tiempo en entrega de los informes.

7.3.2.4 Ingreso de registro en la base de datos creada en la PC, capturados por el método digital.

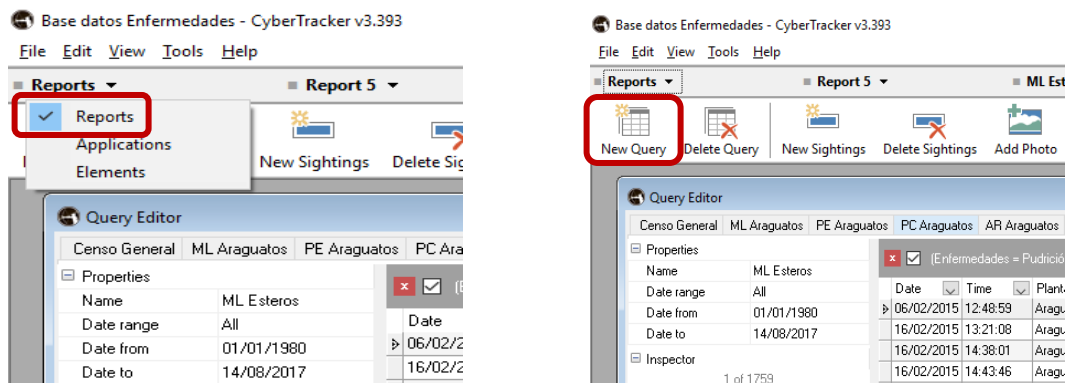
Para el ingreso de la información capturada en los dispositivos se realizó descargándola directamente a la Pc en la base de datos creada en la aplicación. El procedimiento es el siguiente:

Se conectó el dispositivo móvil a la PC por medio de la entrada USB, se tuvo en cuenta que el dispositivo fuera detectado por la PC, después de abrir la aplicación, se ubicó la aplicación en modo Reportes y luego se pasó a la pestaña archivo para después seleccionar la opción *Descargar archivo del dispositivo conectado*, la información se descargó en la base de datos. Se tuvo cuidado que el procedimiento se realizara de manera adecuada para evitar la pérdida de los registros teniendo en cuenta que después de descargarlos del dispositivo estos se borran del dispositivo.

Se contabilizo el tiempo que duro el proceso en minutos hasta obtener la información en la base de datos y la entrega de los informes.

Para visualizar la base de datos se despliega la pestaña reporte, después la pestaña New Query, Figura 10. Después se desplegó una pestaña donde se seleccionan los campos que se desean mostrar en el reporte, como se muestra en la Figura 11. Seguido se genera un reporte con toda la información que se solicitó, además de dos columnas adicionales con las coordenadas geográficas como se indica en el recuadro de color rojo en la Figura 12.

Figura 10. Diseño del reporte después de descargar los datos del móvil



Fuente: El autor

7.4 Toma de tiempos requeridos para la entrega de los informes

Se contabilizó el tiempo utilizado para la entrega del informe final desde que se inició a digitar la información en la hoja de Excel hasta que se entregó el informe a la persona encargada de la toma de decisiones. Los tiempos se contabilizaron para los dos métodos en días transcurridos, las unidades de tiempo para la medición fueron días.

8 RESULTADOS

Para el análisis de la información recolectada se utilizaron tablas con variables de doble entrada, utilizando Excel.

8.1 Datos obtenidos por los dos métodos

En la tabla 1 se relacionan los registros diarios capturados por cada método en diferentes lotes.

Tabla 1. Datos comparativos por el método convencional y digital

Fecha	Método convencional				Método digital			
	Lot es	Palmas registra das	Has recorrid as	Jornal es	Lotes	Palmas registra das	Has recorrid as	Jornal es
01/02/2 017	7 ,16	14	30,74	1	8,18,1 9	22	30,4	1
07/02/2 017	1	60	30,2	1	2	42	29,8	1
08/02/2 017	3	34	30,7	1	4	42	28,23	1
11/02/2 017	9,10	39	34,44	1	21	53	31,67	1
18/02/2 017	8,15	21	32,35	1	16,17, 18	17	31,22	1
20/02/2 017	20	28	31,4	1	20 ^a ,7	11	30,5	1
21/02/2 017	6	44	32,1	1	1	52	31,06	1
23/02/2 017	2	35	28,21	1	3	48	31.3	1
27/02/2 017	5,11	34	32,91	1	21	26	31,34	1
28/02/2 017	9,10	28	31,67	1	12	13	12	0,4
01/03/2 017	14,1 5	23	32,58	1	12	36	20,93	0,66

07/03/2017	7,8	1	29,92	1	18,19, 20	66	31,8	1
08/03/2017	20, 20 ^a	57	31,63	1	1, 6	68	18,6	0,6
09/03/2017	6	17	32,1	1	1, 24	54	33,7	1
10/03/2017	2	77	34,8	1	1, 3	61	34,3	1
13/03/2017	3	41	17,1	0,55	4	20	15	0,5
16/03/2017	4, 23	30	24,65	0,8	5	62	34,64	1,2
18/03/2017	11, 13, 22	60	33,2	1	21	82	34,44	1
21/03/2017	9	64	20,38	0,6	12	12	8,03	0,3
23/03/2017	12, 17	92	32,8	1	14, 15	59	32,5	1
24/03/2017	8, 17, 18	47	30,4	1	7, 19	37	34,53	1
27/03/2017	6	54	32,1	1	20, 20 ^a , 24	54	29,8	1
28/03/2017	2	58	30,8	1	1	122	31,5	1
31/03/2017	4	63	28,23	1	3	54	17,4	0,6

Fuente: El autor

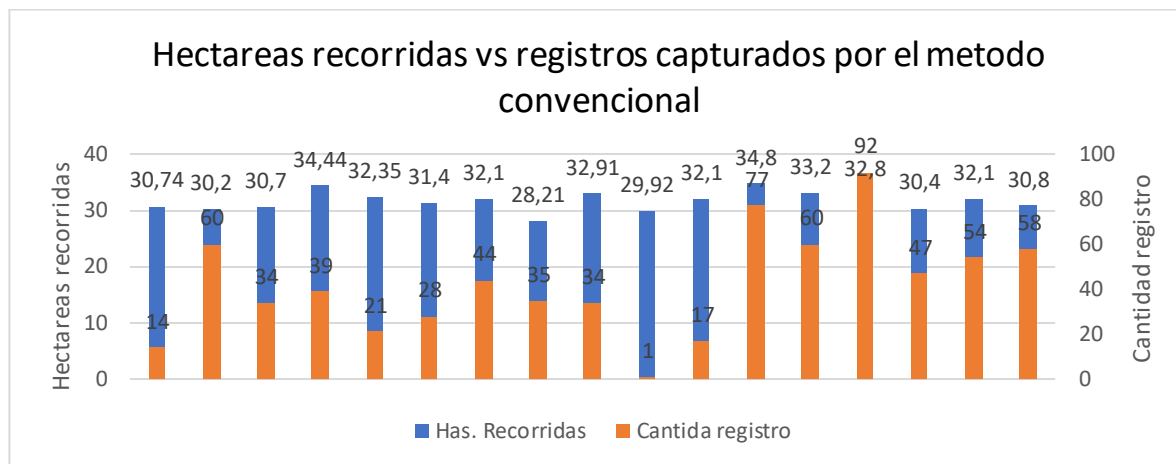
8.2 Rendimientos en hectáreas recorridas por jornal.

8.2.1 Método convencional

Para conocer los rendimientos por hectárea se tomaron los días en que se trabajaron las 8 horas para los dos métodos. En el método convencional las hectáreas recorridas no dependen de la cantidad de registros capturados, teniendo

en cuenta que hubo días en que recorrieron 30,74 hectáreas y solo hubo 14 registro, otro día se recorrieron 32,8 hectáreas y se capturaron 92 registros. Figura 13

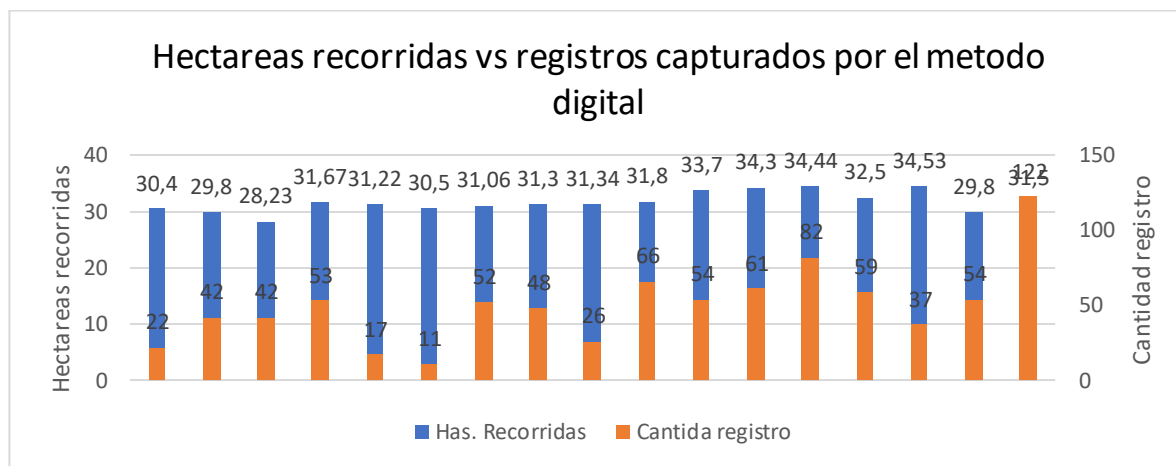
Figura 13. Rendimientos por hectárea y registros capturados método convencional



Fuente El autor

8.2.2 Método digital

Figura 14. Rendimientos por hectárea y registros capturados método digital



Para el método digital tampoco hubo diferencias significativas en los rendimientos por hectáreas, a pesar de que hubo un día que se capturaron 122 registros, sin embargo, las hectáreas recorridas fueron 31,5, y por otro lado días en que capturaron pocos registros y las hectáreas recorridas no tubo variación. Figura 14

Los promedios durante el periodo evaluado del 01 de febrero al 31 de marzo arrojaron que el método convencional en rendimiento por hectáreas recorridas fue mayor en 0,71 has, que equivalen a un 2,23%. Figura 15.

Figura 15: Promedios en el periodo febrero a marzo y por jornal diario



8.3 Tiempo utilizado en ingresar los datos a las bases de datos

Se tomaron los tiempos en minutos debido a que la cantidad de registro no era muy grande, se ingresó la información y después se verificó nuevamente con los datos del formato para garantizar de no digitar un registro que no corresponde, a lo capturado en el formato. El tiempo utilizado para el ingreso de la información se registra en la tabla 2.

También se tuvieron en cuenta los días requeridos para la entrega de los informes a la persona encargada de la toma de decisiones.

Tabla 2. Relación del tiempo utilizado en la digitación de los registros en Excel

Fecha	Cantidad de registros	Min. M. conven	Min. M. digital
01/02/2017	14	4,09	1,0
07/02/2017	60	17,5	2,0
08/02/2017	34	9,9	2,1
11/02/2017	39	11,4	2,4

18/02/2017	21	6,1	0,8
20/02/2017	28	8,2	0,5
21/02/2017	44	12,9	2,4
23/02/2017	35	10,2	2,2
27/02/2017	34	9,9	1,2
28/02/2017	28	8,2	0,6
01/03/2017	23	6,7	1,6
07/03/2017	1	0,3	3,0
08/03/2017	57	16,7	3,1
09/03/2017	17	5,0	2,5
10/03/2017	77	25,5	2,8
13/03/2017	41	12,0	0,9
16/03/2017	30	8,8	2,8
18/03/2017	60	17,5	3,7
21/03/2017	64	18,7	0,5
23/03/2017	92	28,9	2,7
24/03/2017	47	13,7	1,7
27/03/2017	54	15,8	2,5
28/03/2017	58	16,9	5,5
31/03/2017	63	20,4	2,5

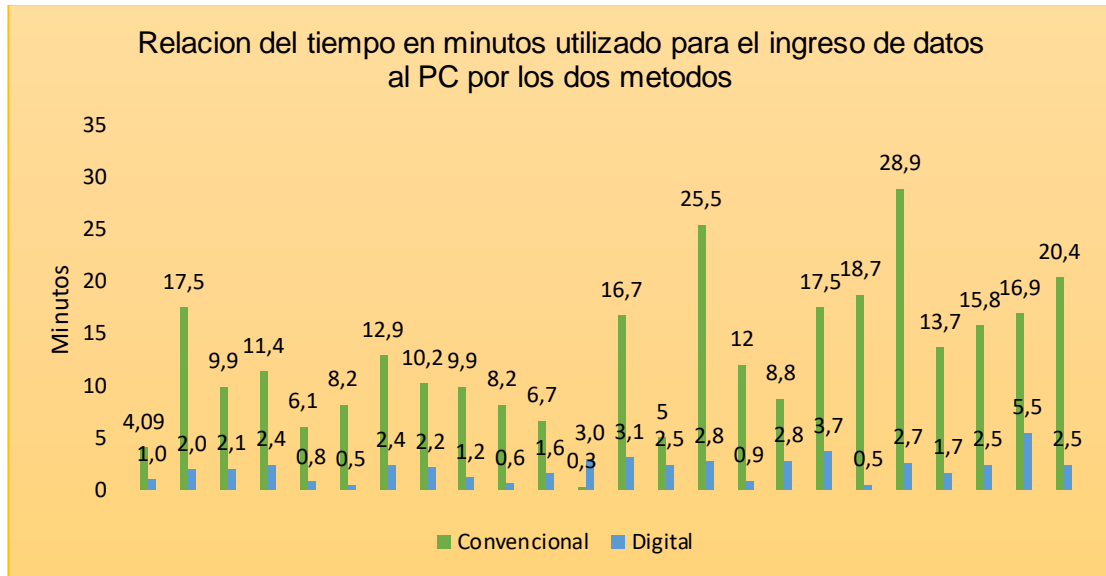
Fuente: El autor

El tiempo empleado en promedio para el ingreso de la información a la base de datos fue de 12,42 minutos. El tiempo utilizado fue directamente proporcional a la cantidad de registros, sin embargo, cuando se cometió un error en la digitación y se tuvo que corregir se utilizó más tiempo, como sucedió el día 10, 23 y 31 de marzo.

En la Tabla 4 se muestran los tiempos utilizados en el ingreso de los registros a la Pc, esta operación la realizó la persona encargada de la administración de las bases de datos de la plantación. En algunos casos se debió cambiar el formato por parte del evaluador debido a que por el manejo en campo y condiciones ambientales se deterioró y no se podía mirar bien la información por parte del digitador.

Para el método digital los tiempos oscilaron entre 1 y 5,5 minutos desde que se descargó la información del móvil a la aplicación para luego llevarla a la base de datos de Excel. Los tiempos se muestran en la figura 16.

Figura 16. Tiempo utilizado en el ingreso de la información a la base de datos en Excel



Fuente. El autor

8.3.1 Días requeridos para la entrega de los informes por los dos métodos

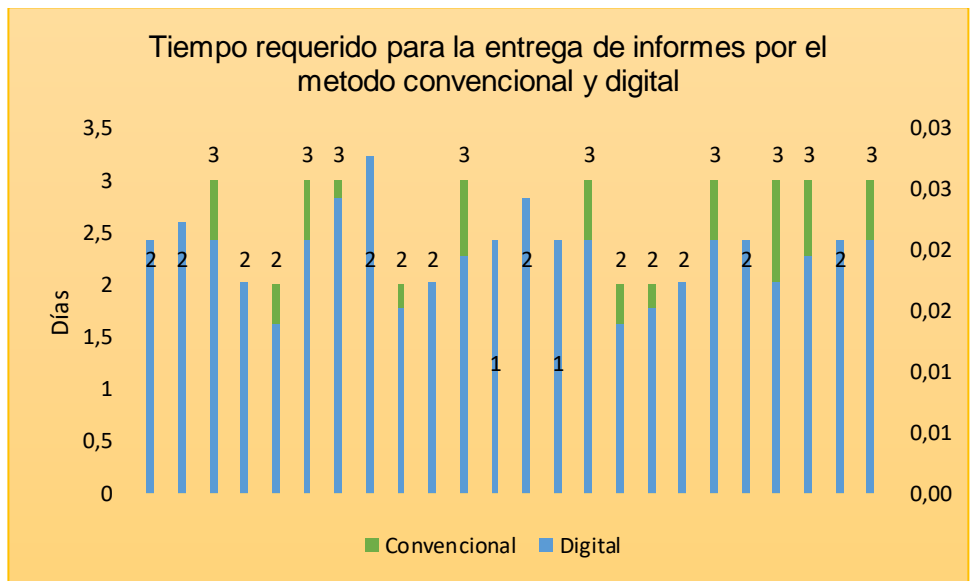
Tabla 3. Relación de tiempo transcurrido en días para la entrega de informes

Días método convencional	Días método digital
2	0,02
2	0,02
3	0,02
2	0,02
2	0,01
3	0,02
3	0,02
2	0,03
2	0,02
2	0,02

3	0,02
1	0,02
2	0,02
1	0,02
3	0,02
2	0,01
2	0,02
2	0,02
3	0,02
2	0,02
3	0,02
3	0,02
2	0,02
3	0,02

Fuente: El autor

Figura 17. Tiempo transcurrido en días para la entrega de reportes



Fuente: El autor

Los tiempos requeridos para la entrega de informes por el método convencional en promedio fueron de 2,29 días y por el método digital fueron de 0,02 días. Figura 15. Lo que indica que por el método se generan los informes en el mismo día.

9 Conclusiones

Cuando se compararon los rendimientos de hectáreas recorridas por jornal en el periodo evaluado para los dos métodos, se encontró que no hay diferencias significativas, siendo mayor en el método convencional por 0,71 hectáreas. Lo que significa que el cambio de metodología de captura de datos mantiene los rendimientos de hectáreas recorridas.

El método convencional requiere más tiempo para el ingreso de los registros a la base de datos de Excel, debido a que se hace manualmente y se puede incurrir en errores. Los registros del método digital pasan del móvil al computador en menor tiempo, evitando cometer errores.

El método convencional requiere de más tiempo en días para la entrega de informes para la toma de decisiones, a diferencia del método digital se obtienen el mismo día del ingreso de la información.

10 Recomendaciones

En la medida de lo posible se debe hacer uso de la tecnología para la captura de datos en campo, utilizando dispositivos móviles lo cual garantiza más eficiencia y confiabilidad de los datos, ahorro en tiempo y dinero.

Con el uso del Software CyberTracker se pueden implementar una aplicación no solo para el manejo fitosanitario sino de todas las labores realizadas en el cultivo para evitar el uso de formatos de papel, y poder llevar un estricto control y monitoreo del personal.

La plantación Los Araguatos debe hacer uso de las tecnologías disponibles sin ningún costo como Google Earth, para la realización de los diferentes mapas temáticos de tal forma que puedan hacer los monitoreos del avance de la enfermedad y contribuir con la información necesaria para la toma de decisiones por parte de la autoridad encargada del manejo fitosanitario de la región.

11 Referencias

- Calvache, H. H. (2001). *El manejo integrado de plagas en el agroecosistema de la palma de aceite*. *Revista Palmas*, 22(3), 51-60. Obtenido de <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/884/884>
- de la Espriella, A. G. (1987). *La experiencia colombiana en el desarrollo de la palma aceitera*. *Revista Palmas*, 8(4), 7-11. Obtenido de <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/173>
- Díaz, C. F. (2016). *Estimación del rendimiento de la mano de obra en labores de cultivo de palma de aceite: caso polinización asistida*. *Revista Palmas*, 37(2), 21-35. Obtenido de file:///C:/Users/juan/Downloads/musica/11736-13030-1-SM.pdf
- Díaz-Delgado, R. (2010). *Puesta a punto e implementación de un programa integrado de seguimiento ecológico a largo plazo en el Espacio Natural de Doñana*. *Revista Ecosistemas*, 19(2). Obtenido de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/45/41>
- 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*. Obtenido de <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1429/1429>
- Gomez, P. (1997). *Los sistemas de informacion geografica y su aplicacion dentro de la planificacion y manejo ambiental de cuencas hidrograficas*. In *Curso Planificacion y Manejo Ambiental de Cuencas Hidrograficas*. Ibagué (Colombia). 10-14 Feb 1997.. Obtenido de <http://biblovirtual.minambiente.gov.co:3000/DOCS/MEMORIA/MMA-0043/MMA-0043-CAPITULO7.pdf>
- Hoyos, M. C. (2014). *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. Obtenido de <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/viewFile/11051/11036>
- Leiva, F. R. (2003). *La agricultura de precisión: una producción más sostenible y competitiva con visión futurista*. In *Memorias VIII Congreso de la Sociedad Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos (Vol. 93, pp. 997-1006)*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Fabio_Leiva/publication/228425520_La_agricultura_de_precision_una_produccion_mas_sostenible_y_competitiva_con_vision_futurista/links/555ce20508ae8c0cab2a6901/La-agricultura-de-precision-una-produccion-mas-sostenible-y-

- Martínez, L. C. (2009). *vances de la campaña regional para el manejo de la información de insectos defoliadores en la Zona Central*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Luis_Martinez53/publication/236612152_Avances_de_la_campana_regional_para_el_manejo_de_la_informacion_de_insectos_defoliadores_en_la_zona_central/links/00b4952281fbc323c700000.pdf
- Nagel, J. (2012). *Principales barreras para la adopción de las TIC en la agricultura y en las áreas rurales*. Obtenido de http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4011/1/S2012079_es.pdf
- PARDEY, A. E., & ARANGO, C. M. (2016). *Las mejores prácticas para detener el avance de la Marchitez letal (ML) en plantaciones de palma de aceite en Colombia*. *Revista Palmas*, 2016, vol. 37, no 4, p. 75-90. Obtenido de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/11965/11957>
- Patrick. (2013). *La teleobservación y las tecnologías digitales para el manejo de las plantaciones*. Obtenido de <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/viewFile/10686/10671>
- Pérez, A. M. (2006). *Impacto de las tecnologías de la información y la comunicación en la agricultura*. *Cultivos tropicales*, 27(1). Obtenido de <http://www.redalyc.org/html/1932/193215885002/>
- Ponvert-Delisle, D. R. (2012). *Las técnicas geomáticas aplicadas en la agricultura: El catastro agrícola*. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(4), 84-92. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542012000400014
- Romero, H. M. (2008). *La Agricultura de precisión en el manejo del cultivo de la palma de aceite*. *Revista Palmas*, 2008, vol. 29, no 1, p. 13-21. Obtenido de <http://publicaciones.fedepalma>
- Salcedoa, I. A. (2011). *Aplicaciones de la agricultura de precisión en palma de aceite "Elaeis Guineensis" e híbrido O x G*. Obtenido de <https://ojsrevistaing.uniandes.edu.co/ojs/index.php/revista/article/viewFile/185/139>
- Sánchez, A. (1990). *Enfermedades de la palma de aceite en América Latina*. *Revista Palmas*, 11(4), 5-38. Obtenido de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/265/265>
- Tarazona, M. (2017). *Reportes de la Plantacion Los Araguatos*. San Carlos de Guaroa.
- Vega, R. A. (1994). *Cultivo de la Palma Aceitera, El. EUNED*. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=xZkO8yiPgf0C&oi=fnd&pg=PR>

5&dq=Morfologia+de+la+palma+africana+de+aceite&ots=1HCslO38lw&sig=h6Msa96xXwHyXhssi5wdO7qvdKs