

**Implementación de un sistema de monitoreo para
optimizar los servicios de asistencia técnica y
extensión en la industria de la palma de aceite.**

Laura Alejandra Merchán León.

Informe final de trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Especialización en Sistemas de Información Geográfica.

Director:

M.g., Omar Castrillon Osorio.

Línea de Investigación

Grupo de Investigación y Desarrollo en Informática y Telecomunicaciones.

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Especialización Sistemas de Información Geográfica.

Manizales, 2025

1. Resumen

En la industria de la palma de aceite en Colombia, los servicios de asistencia técnica y extensión son fundamentales para apoyar a los palmicultores en la implementación de prácticas productivas sostenibles y en la adopción de nuevas tecnologías. Sin embargo, la falta de un sistema centralizado para el monitoreo y análisis de estos servicios limita la capacidad para tomar decisiones basadas en datos precisos y actualizados.

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un sistema centralizado de monitoreo de datos en ArcGIS Enterprise, optimizando la carga, almacenamiento y visualización de indicadores clave relacionados con productividad, adopción de tecnologías y asistencia técnica. El enfoque de esta investigación es cuantitativo y se implementará en tres fases: primero, el análisis de requerimientos técnicos y de usuario; segundo, el diseño y desarrollo del sistema, integrando herramientas como Survey123, Dashboards, Sites y Experience Builder para la recolección y visualización de datos; y tercero, la implementación y capacitación de los usuarios finales para garantizar su operación y monitoreo continuo.

Este sistema beneficiará a Cenipalma y a los núcleos palmeros en el monitoreo de los servicios de extensión y asistencia técnica, facilitando la recolección y análisis de datos. De esta forma, se fortalecerá la capacidad de monitoreo de indicadores clave, promoviendo la sostenibilidad y competitividad del sector de palma de aceite en Colombia.

Palabras clave: Sistema de monitoreo, Servicios de extensión, Asistencia técnica, Agricultura, Palmicultura, SIG aplicado, ArcGIS Enterprise.

2. Abstract

In Colombia's palm oil industry, technical assistance and extension services are essential to support growers in implementing sustainable production practices and adopting new technologies. However, the lack of a centralized system for monitoring and analyzing these services limits the ability to make decisions based on precise and up-to-date data.

This project aims to develop a centralized data monitoring system within ArcGIS Enterprise, optimizing the loading, storage, and visualization of key indicators related to productivity, technology adoption, and technical assistance. The approach is quantitative and will be implemented in three phases: first, analyzing technical and user requirements; second, designing and developing the system by integrating tools such as Survey123, Dashboards, and Experience Builder for data collection and visualization; and third, implementing and training end users to ensure the system's operation and continuous monitoring.

This system will benefit Cenipalma and palm oil production hubs by monitoring extension and technical assistance services, facilitating data collection and analysis. In this way, the capacity for monitoring key indicators will be strengthened, promoting sustainability and competitiveness within Colombia's palm oil sector.

Keywords: Monitoring system, Extension services, Technical assistance, Agriculture, Palm cultivation, Applied GIS, ArcGIS Enterprise.

Contenido

	Pág.
1. RESUMEN	II
2. ABSTRACT	III
3. INTRODUCCIÓN	7
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN	7
4.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PROBLEMÁTICA	8
4.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	9
4.2.1 <i>Delimitación del estudio</i>	9
4.2.2 <i>Definición del problema</i>	11
4.2.3 <i>Pregunta de investigación</i>	11
4.3 JUSTIFICACIÓN	12
5. OBJETIVOS	14
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
6. ANTECEDENTES	15
7. REFERENTE NORMATIVO Y LEGAL	23
8. REFERENTE TEÓRICO	25
9. METODOLOGÍA	35
9.1 ENFOQUE METODOLÓGICO	36
9.2 TIPO DE ESTUDIO.....	37
10. PROCEDIMIENTO	39
10.1 FASE 1: DEFINICIÓN DE INDICADORES Y REQUERIMIENTOS.	39
10.1.1 <i>Actividad 1: Análisis de Requerimientos</i>	39
10.1.2 <i>Actividad 2: Identificación de indicadores de impacto</i>	41
10.2 FASE 2: DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO.....	42
10.2.1 <i>Actividad 1: Definición estructura general del sistema</i>	42
10.2.2 <i>Actividad 2: Diseño Conceptual de la Base de Datos y Modelo Entidad-Relación (ER)</i>	43
10.2.3 <i>Actividad 3: Diseño de herramientas para la recolección de datos y visualización de indicadores</i> ...44	44
10.3 FASE 3: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.	49
10.3.1 <i>Actividad 1: Implementación de la Base de Datos</i>	49
10.3.2 <i>Actividad 2: Creación de Encuestas en Survey123</i>	50
10.3.3 <i>Actividad 3: Cargue de datos automáticamente de productividad y cálculo de Indicadores mediante Vistas Materializadas</i>	51
10.3.4 <i>Actividad 4: Creación de tableros de control</i>	54

10.3.5	<i>Configuración de herramientas y portal web.</i>	54
11.	RESULTADOS	59
11.1	DEFINICIÓN DE INDICADORES Y REQUERIMIENTOS	59
11.1.1	<i>Portal para el usuario Extensionista.</i>	59
11.1.2	<i>Portal para el usuario Núcleo.</i>	59
11.1.3	<i>Definición de módulos de indicadores:</i>	60
11.2	DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO	62
11.2.1	<i>Diseño de la Estructura General del Sistema.</i>	62
11.2.2	<i>Diseño Conceptual de la Base de Datos y Modelo Entidad-Relación (ER).</i>	63
11.2.3	<i>Diseño de Herramientas para Recolección y Visualización de Indicadores.</i>	65
11.3	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	67
11.3.1	<i>Implementación de la Base de Datos.</i>	67
11.3.2	<i>Automatización del Cargue de Datos e Indicadores.</i>	68
11.3.3	<i>Creación de Tableros de Control en ArcGIS Dashboards.</i>	69
11.3.4	<i>Creación de sites: SMEAT.</i>	73
12.	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	79
12.1	EFFECTIVIDAD DEL SISTEMA DE MONITOREO	79
12.2	ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN POR PARTE DE LOS NÚCLEOS PALMEROS	79
12.3	VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	80
12.4	OPTIMIZACIÓN DE LA COMUNICACIÓN ENTRE NÚCLEOS Y CENIPALMA	80
12.5	DERIVACIÓN DE LAS EXPECTATIVAS INICIALES	80
13.	TRABAJOS FUTUROS	82
13.1	INTEGRACIÓN DE MÓDULOS ADICIONALES DE INFORMACIÓN	82
13.2	IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS PREDICTIVAS	82
14.	CONCLUSIONES	83
15.	RECOMENDACIONES	85
16.	REFERENCIAS	86

Lista de figuras

Figura No. 1. Mapa de la distribución de la palma de aceite en Colombia.....	10
Figura No. 2. Fases Metodología Empleada.	35
Figura No. 3. Diseño portal interno del sistema de monitoreo a los servicios de extensión y asistencia técnica.	48
Figura No. 4. Listado de Indicadores.	60
Figura No. 5. Modelo Entidad-Relación.	63
Figura No. 6. Diseño formulario de productividad.	65
Figura No. 7. Diseño de formulario de adopción de tecnologías.....	65
Figura No. 8. Diseño formulario de asistencia técnica.	66
Figura No. 9. Tablas creadas para los módulos de información.	67
Figura No. 10. Flujo de trabajo automatizado en MAKE.	68
Figura No. 11. Job módulo de productividad.....	68
Figura No. 12. Tablero de control núcleo - Productividad.	69
Figura No. 13. Tablero de control núcleo - adopción de tecnologías.	69
Figura No. 14. Tablero de control núcleo - Personal asistencia técnica.	69
Figura No. 15. Tablero nacional - Productividad.....	70
Figura No. 16. Tablero de control nacional - adopción de tecnologías.	70
Figura No. 17. Tablero de control nacional - personal de asistencia técnica.....	71
Figura No. 18. Tablero interno - Productividad.....	71
Figura No. 19. Tablero interno - Adopción tecnologías.	72
Figura No. 20. Tablero interno - Personal de asistencia técnica.	72
Figura No. 21. Inicio en sites de ArcGIS - núcleo.	73
Figura No. 22. Inicio en sites de ArcGIS - Extensionista.	73
Figura No. 23. Página de productividad - núcleo.....	74
Figura No. 24. Página de productividad - extensionista.	75
Figura No. 25. Página de adopción de tecnologías - núcleo.	75
Figura No. 26. Página de adopción de tecnologías - extensionista.	76
Figura No. 27. Página personal de asistencia técnica- núcleo.	77
Figura No. 28. Página personal de asistencia técnica- extensionista.	78

3. Introducción

La industria de la palma de aceite en Colombia aporta el 17% del PIB agrícola nacional y genera más de 191.000 empleos, de los cuales el 85% son formales (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, 2023). A pesar de su importancia, la falta de un sistema centralizado de monitoreo dificulta la evaluación de los servicios de extensión y asistencia técnica, esenciales para la productividad y sostenibilidad del sector.

En respuesta a esta necesidad, este trabajo propone la implementación de un sistema centralizado de monitoreo de datos que permita visualizar indicadores clave sobre productividad, adopción de mejores prácticas tecnológicas y el fortalecimiento de la asistencia técnica. Para ello, se desarrollará un portal de monitoreo accesible, que facilite la carga, almacenamiento y análisis continuo de datos, integrando herramientas de ArcGIS Enterprise, Survey123, Sites y Dashboards.

Con esta solución, el Centro de Investigación de la Palma de Aceite (Cenipalma) y las organizaciones palmeras podrán mejorar la gestión de la asistencia técnica, optimizar el seguimiento de indicadores de impacto y fortalecer la sostenibilidad del sector en Colombia.

4. Planteamiento del problema de investigación y su justificación

El Centro de Investigación de la Palma de Aceite trabaja con los palmicultores de Colombia para desarrollar, transferir y capacitar en el uso de tecnologías especializadas que favorezcan una palmicultura sostenible. En este contexto, Cenipalma, junto con los núcleos palmeros, utiliza planes estratégicos (a 5 años) y operativos (anuales) para optimizar su apoyo a

los productores (Montiel Ortiz, Contreras, Sánchez, & Torrez, 2023). Sin embargo, se ha identificado la necesidad de un sistema centralizado para la carga, almacenamiento y análisis de datos, que permita mejorar el seguimiento y cumplimiento de los objetivos de estos planes, especialmente en áreas clave como la productividad, la adopción de mejores prácticas tecnológicas y el fortalecimiento de la asistencia técnica.

4.1 Descripción del área problemática

La palmicultura en Colombia es una actividad agrícola clave que contribuye significativamente a la economía nacional, siendo el segundo cultivo más importante del país en términos de extensión (Pérez Marulanda, 2024). Su crecimiento sostenido ha impulsado la necesidad de servicios eficientes de asistencia técnica y extensión, esenciales para mejorar la productividad y la adopción de mejores prácticas tecnológicas en el sector (Hinestroza Córdoba & Obando Mera, 2019).

En este contexto, Cenipalma y los núcleos palmeros han desarrollado planes estratégicos (quinquenales) y operativos (anuales) con el objetivo de fortalecer la asistencia técnica, mejorar la gestión de los cultivos y optimizar los procesos de producción. Estos planes permiten definir objetivos, asignar recursos y coordinar esfuerzos entre los distintos actores del sector. Sin embargo, el seguimiento y la evaluación del impacto de estos planes presentan limitaciones debido a la falta de un sistema centralizado de monitoreo que permita visualizar de manera estructurada los indicadores clave.

Actualmente, la recopilación y análisis de datos sobre productividad, adopción de mejores prácticas tecnológicas y fortalecimiento de la asistencia técnica se realiza de manera manual y dispersa, dificultando la generación de reportes actualizados y la comparación de

resultados a lo largo del tiempo. Esta falta de integración genera retrasos en la toma de decisiones, impide realizar ajustes oportunos en los planes operativos y reduce la capacidad de los núcleos palmeros para evaluar el impacto de sus estrategias.

Para solucionar esta problemática, se requiere un sistema centralizado de monitoreo que facilite la recolección, almacenamiento y análisis de información clave, permitiendo un seguimiento eficiente de los planes estratégicos y operativos. Con esta herramienta, Cenipalma y los núcleos palmeros podrán acceder a datos actualizados, optimizar la gestión de la asistencia técnica y mejorar la toma de decisiones basada en evidencia.

4.2 Formulación del problema

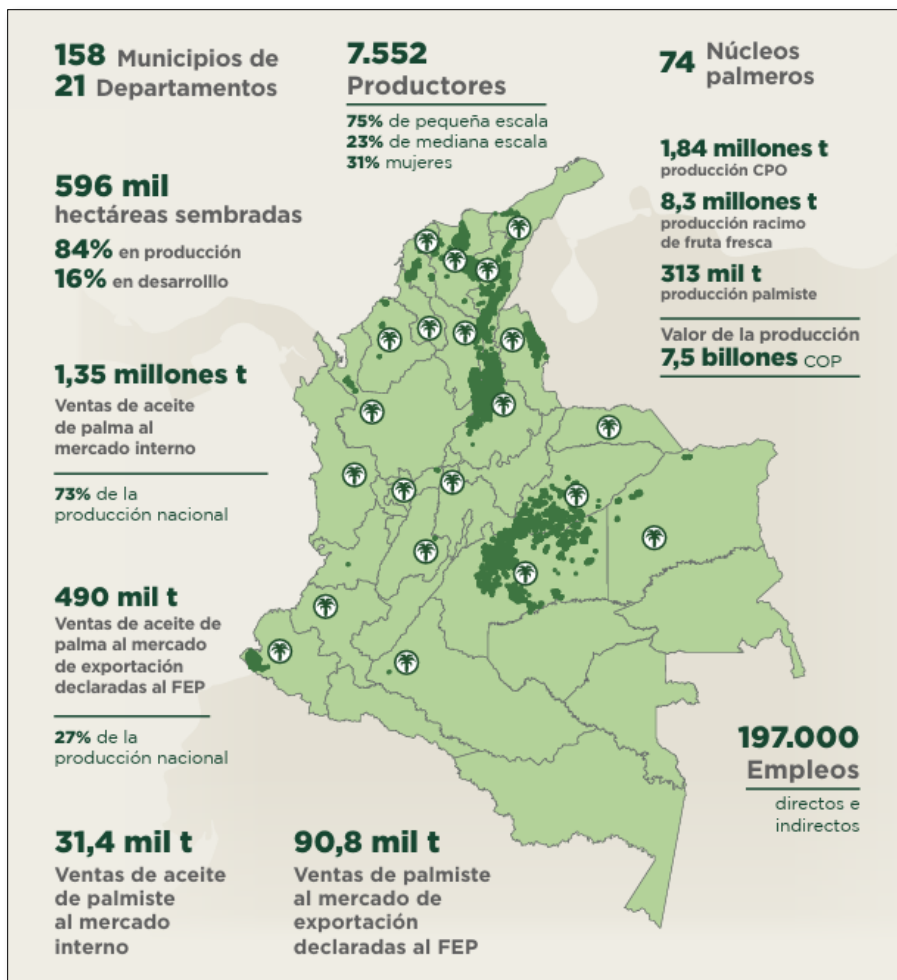
4.2.1 Delimitación del estudio

La palma de aceite en Colombia se distribuye en cuatro grandes zonas productoras: Oriental, Central, Norte y Suroccidental, con una extensión total de 596.000 hectáreas cultivadas en diversas regiones del país. La zona Oriental es la más extensa, con 271.890 hectáreas en departamentos como Arauca, Casanare y Meta. La zona Central abarca 202.546 hectáreas en el valle del Magdalena Medio, mientras que la zona Norte comprende 100.359 hectáreas en departamentos como Atlántico, Bolívar y Cesar. Finalmente, la zona Suroccidental, la más pequeña, cuenta con 21.422 hectáreas, concentradas principalmente en Tumaco, Nariño (Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite [Fedepalma], 2024).

La implementación del sistema de monitoreo permitirá evaluar anualmente el impacto de la asistencia técnica en estas cuatro regiones, siempre que el proyecto y los planes operativos anuales continúen siendo financiados. A través de este sistema, se podrán analizar de manera continua indicadores claves relacionados con productividad, adopción de mejores prácticas

tecnológicas y gestión del personal técnico, optimizando la toma de decisiones y fortaleciendo la sostenibilidad del sector palmicultor.

Figura No. 1. Mapa de la distribución de la palma de aceite en Colombia.



Nota: Tomado de Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. (2024). La palma de aceite en Colombia: cifras a diciembre 2023

4.2.2 Definición del problema

La ausencia de un sistema centralizado y eficiente para el monitoreo de indicadores de impacto asociados a los servicios de extensión y asistencia técnica —como la productividad, la adopción de mejores prácticas tecnológicas y el fortalecimiento del personal técnico— representa una barrera significativa para el seguimiento efectivo del desarrollo de los cultivos y el impacto de las intervenciones técnicas en la agroindustria de la palma de aceite en Colombia.

Aunque los planes estratégicos y operativos anuales ofrecen un marco de acción, los núcleos palmeros enfrentan dificultades para gestionar y visualizar la información de manera sistemática y accesible, lo que limita la capacidad de tomar decisiones informadas y oportunas. Esta falta de integración de datos afecta directamente la eficiencia del servicio de asistencia técnica, reduciendo su capacidad de respuesta y dificultando la planificación de estrategias basadas en evidencia.

4.2.3 Pregunta de investigación

¿De qué manera un sistema de monitoreo puede mejorar la gestión, análisis y visualización de datos, optimizando la eficiencia de la asistencia técnica y la productividad de los cultivos de palma de aceite en Colombia?

4.3 Justificación

Este proyecto surge de la necesidad de establecer un sistema efectivo para el monitoreo mediante indicadores de impacto que evalúen los servicios de extensión y asistencia técnica ofrecidos por Cenipalma a los palmicultores. La palmicultura, como actividad estratégica para la economía colombiana, enfrenta el desafío de mantener una productividad competitiva y adoptar tecnologías innovadoras. Sin embargo, la ausencia de un sistema centralizado limita el seguimiento adecuado de estos indicadores, dificultando la evaluación del impacto de las intervenciones técnicas.

Actualmente, los planes estratégicos y operativos implementados por Cenipalma y las organizaciones palmeras ofrecen una base sólida para la gestión del sector, pero presentan limitaciones en la integración y visualización de datos clave. Esta falta de infraestructura tecnológica afecta directamente la capacidad de monitorear y medir el impacto de los servicios de extensión en áreas críticas como la productividad, la adopción de mejores prácticas tecnológicas y el fortalecimiento de los equipos técnicos.

El proyecto propone la implementación de un sistema centralizado que permita evaluar de manera continua indicadores de impacto relacionados con la efectividad de los servicios de extensión y asistencia técnica. A través de la integración de herramientas avanzadas, este sistema proporcionará una plataforma para la carga, almacenamiento y visualización de datos, facilitando la toma de decisiones basada en evidencia.

El impacto esperado incluye la mejora en los procesos internos de las organizaciones encargadas de brindar asistencia técnica, optimizando la asignación de recursos y promoviendo el fortalecimiento de los equipos técnicos. Además, las organizaciones palmeras podrán utilizar

este sistema para identificar áreas de mejora, medir el avance en la adopción de mejores prácticas tecnológicas y evaluar los resultados de sus estrategias de intervención.

Este enfoque metodológico no solo aborda un problema operativo relevante, sino que también introduce una forma innovadora de monitorear los servicios de extensión mediante indicadores de impacto. Con ello, se busca contribuir al desarrollo de un sector palmicultor más eficiente y competitivo, generando herramientas prácticas y aplicables para la agroindustria colombiana.

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

Implementar un sistema centralizado de monitoreo de datos que permita visualizar indicadores clave relacionados con la productividad, la adopción de mejores prácticas tecnológicas y el fortalecimiento de la asistencia técnica en la industria de palma de aceite en Colombia, facilitando la toma de decisiones y mejorando la eficiencia de los servicios de extensión y asistencia técnica.

5.2 Objetivos específicos

Analizar los requerimientos técnicos y de usuario, definiendo indicadores clave que permitan evaluar los servicios de extensión y asistencia técnica en la industria de la palma de aceite.

Diseñar la estructura del sistema de monitoreo en ArcGIS Enterprise, definiendo las herramientas para la recolección, almacenamiento y visualización de información.

Implementar un portal de monitoreo accesible y funcional que facilite el seguimiento de indicadores clave, optimizando la gestión de información sobre productividad, adopción de mejores prácticas tecnológicas y asistencia técnica en el sector palmicultor.

6. Antecedentes

En el contexto de la producción de aceite de palma, la investigación de Ariyanto et al. (2022) proporciona un marco valioso para entender el impacto de la asistencia técnica en la eficiencia técnica de los pequeños agricultores en Indonesia. Este estudio se centró en analizar cómo factores como la educación, la edad y los servicios de extensión influyen en la productividad de los agricultores. Los resultados indicaron que la asistencia técnica, especialmente a través de programas de extensión, mejora significativamente la eficiencia técnica, lo que se traduce en un aumento de la productividad. Se concluyó que la capacitación y el asesoramiento son cruciales para que los agricultores adopten mejores prácticas agrícolas y optimicen el uso de insumos.

Woittiez et al. (2018) llevaron a cabo una revisión cuantitativa sobre las brechas de rendimiento en el cultivo de palma de aceite, con el objetivo de identificar y analizar los factores determinantes que afectan la productividad de este cultivo a nivel mundial. El estudio destaca que, a pesar de que la palma de aceite tiene un alto potencial de rendimiento, la productividad promedio se ha estancado en aproximadamente 3 t de aceite/ha/año, muy por debajo de su rendimiento teórico máximo de 18,5 t de aceite/ha/año. Los autores concluyen que las brechas de rendimiento son influenciadas por múltiples factores, incluyendo condiciones climáticas, prácticas de manejo y la incidencia de plagas y enfermedades. Este trabajo es relevante para la investigación actual, ya que proporciona un marco teórico y datos cuantitativos que ayudan a entender las limitaciones en la productividad del cultivo de palma de aceite. Además, establece un contexto para el análisis de las brechas de rendimiento en la producción de aceite de palma.

Hinestroza, A. et al. (2022) llevaron a cabo un estudio sobre la asistencia técnica y la adopción de tecnologías en el cultivo de palma de aceite en Colombia. Este estudio se realizó en

diversas regiones productoras de palma, con el objetivo de evaluar la efectividad de los planes estratégicos y operativos de asistencia técnica en la adopción de mejores prácticas por parte de los productores, especialmente aquellos de pequeña y mediana escala.

Para lo anterior, se utilizó una muestra de productores de palma que recibieron asistencia técnica, y se aplicaron instrumentos como encuestas y análisis de datos de productividad antes y después de la implementación de los planes de asistencia técnica.

Entre las mejores prácticas evaluadas en el estudio se incluyen:

- **Manejo nutricional del cultivo:** Estrategias para asegurar que las plantas reciban los nutrientes adecuados.
- **Manejo y control fitosanitario:** Técnicas para prevenir y controlar plagas y enfermedades.
- **Fortalecimiento de estrategias de sostenibilidad:** Prácticas que promueven la sostenibilidad ambiental y social.
- **Establecimiento de parcelas demostrativas:** Áreas para mostrar y probar nuevas técnicas y tecnologías.
- **Nutrición balanceada:** Uso de fertilizantes y enmiendas para un equilibrio adecuado de nutrientes.
- **Punto óptimo de cosecha:** Identificación del momento ideal para cosechar.
- **Polinización artificial:** Técnicas para mejorar la polinización y producción de frutos.

- **Uso de tecnologías de información:** Implementación de herramientas para mejorar la gestión del cultivo.

Los principales resultados del estudio indicaron que los grupos de productores que recibieron asistencia técnica mostraron un aumento significativo en la adopción de estas prácticas, lo que se tradujo en un incremento en la productividad. Por ejemplo, se observó un aumento en el área cultivada con mayores niveles de producción, pasando de 1,098 hectáreas a 3,283 hectáreas en el rango de 3 a 4 (t/APC/ha/año), y de 780 a 1,959 hectáreas con más de 5 (t/ACP/año) por hectárea al año.

Las conclusiones del estudio resaltan la importancia de la asistencia técnica como un medio fundamental para mejorar la productividad y la calidad de vida de los productores de palma. Se enfatiza la necesidad de un enfoque integral que incluya el relevo generacional y el empoderamiento de la mujer en la actividad palmera, lo que es clave para el desarrollo sostenible de la palmicultura en el futuro.

Mohd Suib et al. (2023) investigaron la influencia de las Buenas Prácticas Agrícolas (GAP) en la productividad y el bienestar de los pequeños agricultores independientes certificados por el Malaysian Sustainable Palm Oil (MSPO) en Malasia. El estudio destaca que la implementación de GAP, que incluye prácticas como el manejo sostenible del suelo, el control integrado de plagas, el uso eficiente del agua y la gestión adecuada de residuos, puede mejorar significativamente la producción de racimos de fruta fresca (FFB) y, por ende, aumentar los ingresos de los pequeños agricultores.

Además, se enfatiza que las GAP no solo contribuyen a la productividad agrícola, sino que también impactan positivamente en el bienestar general de los agricultores al mejorar sus condiciones de vida, acceso a servicios básicos y satisfacción laboral. Este estudio proporciona

evidencia empírica sobre la relación entre la adopción de prácticas agrícolas sostenibles y los resultados económicos y sociales de los pequeños agricultores, lo que respalda la necesidad de promover la implementación de GAP en el sector del aceite de palma. La investigación subraya que la capacitación y la certificación en GAP son fundamentales para garantizar la sostenibilidad y el éxito económico de los pequeños agricultores en Malasia.

Pasuquin et al. (2014) realizaron un estudio en Indonesia para evaluar el impacto de las Mejores Prácticas de Manejo (BMP) en las propiedades del suelo en plantaciones de palma de aceite. El objetivo del estudio fue comparar la efectividad de las BMP frente a la gestión estándar en la mejora de la calidad del suelo y el rendimiento de la producción.

El enfoque del estudio fue cuantitativo, abarcando un periodo de cuatro años en seis sitios representativos. Se seleccionaron bloques de plantaciones donde se midieron variables como pH y carbono orgánico del suelo (SOC) en diferentes profundidades. Los resultados indicaron que, aunque no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, ambos mostraron un aumento en el pH y el SOC, sugiriendo que las prácticas de manejo adecuadas pueden mejorar la calidad del suelo. Las conclusiones del estudio resaltan la importancia de implementar BMP para optimizar la producción y sostenibilidad en la industria de la palma de aceite.

El documento titulado "Mejores prácticas agroindustriales del cultivo de la palma de aceite en Colombia", resultado del Convenio Especial de Cooperación N° 118 de 2017 entre el SENA y Fedepalma, establece un marco integral para la optimización de la producción de palma de aceite en el país. Esta publicación se enfoca en la implementación de prácticas que no solo buscan aumentar la productividad, sino también asegurar la sostenibilidad y competitividad del cultivo en el contexto nacional e internacional.

Entre los indicadores específicos que se destacan en el documento, se encuentran:

- 1. Cobertura de Biomasa:** Evaluar el área en la que se aplica biomasa como cobertura protectora, lo que contribuye a la retención de humedad y mejora la fertilidad del suelo.
- 2. Plan de Fertilización:** Monitorear el porcentaje de cumplimiento del plan de fertilización, asegurando que las plantas reciban los nutrientes necesarios en las etapas adecuadas de su desarrollo.
- 3. Sistemas de Riego:** Identificar el tipo de riego utilizado y el área beneficiada, lo que maximiza la eficiencia en el uso del recurso hídrico.
- 4. Drenajes:** Conocer el área total con drenajes establecidos para prevenir problemas de encharcamiento que puedan afectar la producción.
- 5. Biodiversidad:** Evaluar el área dedicada a la incorporación de plantas nectaríferas y leguminosas, que fomentan la biodiversidad y mejoran la salud del ecosistema agrícola.
- 6. Punto Óptimo de Cosecha:** Identificar el área en la que se ha establecido el punto óptimo de cosecha para maximizar el rendimiento del cultivo.
- 7. Manejo Fitosanitario:** Registrar el área afectada y el área bajo control fitosanitario para medir la efectividad de las intervenciones en el control de plagas y enfermedades.
- 8. Polinización:** Conocer el área dedicada a prácticas de polinización, tanto natural como asistida, para evaluar su contribución al rendimiento.
- 9. Uso de Tecnologías SIG:** Evaluar el área en la que se utilizan registros digitales y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para facilitar la toma de decisiones informadas y la gestión eficiente de los recursos.

Estos indicadores son fundamentales para la evaluación y mejora continua de las prácticas agroindustriales en el cultivo de palma de aceite, contribuyendo así a un desarrollo más sostenible y competitivo en el sector.

Jara-Rojas, R., Díaz, J., Manríquez, P., y Rojas, A. (2020). "Adopción de tecnologías y estrategias de extensión en la agricultura familiar: El caso de los agricultores de verduras y bayas en Chile". Este estudio se llevó a cabo en las regiones de O'Higgins, Maule y Ñuble, en el centro-sur de Chile, y tuvo como objetivo analizar la conexión entre las estrategias implementadas por los servicios de extensión agrícola y la adopción de tecnologías en granjas familiares. A través de un enfoque cualitativo y cuantitativo, se utilizó un índice de adopción de tecnología para evaluar la intensidad de adopción de 30 prácticas entre 101 pequeños agricultores que reciben asistencia técnica de empresas de extensión privadas (PEC) financiadas por el Programa de Asesoría Técnica (SAT).

Metodológicamente, el estudio se basó en la realización de 10 grupos focales y encuestas a los participantes para recopilar información sobre atributos socioeconómicos y tecnologías adoptadas. Se aplicó un análisis de clúster para caracterizar a los agricultores según su nivel de adopción de tecnologías. Los resultados revelaron que las estrategias de extensión, como la duración de las visitas y la participación en actividades grupales, estaban positivamente asociadas con la adopción de nuevas tecnologías, mientras que la adopción de prácticas de conservación del suelo y agua fue limitada.

Las conclusiones del estudio sugieren que las estrategias de extensión deben ser flexibles y adaptarse a las necesidades específicas de los agricultores para mejorar la adopción de tecnologías. Además, se destaca la importancia de un enfoque integral que incluya incentivos

financieros y un monitoreo efectivo de las prácticas adoptadas. Estos hallazgos son relevantes para el desarrollo de un sistema centralizado de monitoreo de datos en la industria de palma de aceite en Colombia, ya que subrayan la necesidad de visualizar indicadores clave relacionados con la productividad y la adopción de tecnologías, facilitando así la toma de decisiones y mejorando la eficiencia de los servicios de extensión y asistencia técnica en este sector.

Cenipalma (2019) realizó un informe sobre las actividades de asistencia técnica y extensión agrícola en el sector de la palma de aceite en Colombia. El objetivo del estudio fue evaluar la efectividad de los procesos de capacitación y asistencia técnica implementados a través de las Unidades de Asistencia y Auditoría Técnica, Ambiental y Social (UAATAS). La metodología empleada incluyó un enfoque descriptivo y participativo, con un alcance que abarcó 14 núcleos palmeros en diversas regiones del país. Se utilizaron instrumentos como encuestas y entrevistas para recopilar información sobre la capacitación de 97 productores en temas de métodos de extensión y liderazgo, así como la realización de encuentros regionales para el intercambio de experiencias.

Los resultados del informe indicaron un avance significativo en la adopción de mejores prácticas agrícolas, con un porcentaje de actividades completadas que osciló entre el 35% y el 98% en los procesos de capacitación. Además, se destacó la participación de aproximadamente 400 técnicos en la identificación y priorización de temas de investigación y extensión, lo que subraya la importancia de contar con personal especializado en la asistencia técnica. Las conclusiones del estudio enfatizan que el fortalecimiento del personal de asistencia técnica es esencial para mejorar la productividad y sostenibilidad del sector.

En el estudio realizado por Rabbi et al. (2018) en Bangladesh, se evaluó la implementación de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para mejorar las

capacidades del personal de extensión agrícola, específicamente los Sub Asistentes de Oficiales de Agricultura (SAAO) y Oficiales de Agricultura de Upazila (UAO). El objetivo del estudio fue analizar cómo estas TIC pueden facilitar el acceso a información actualizada y mejorar la eficiencia en la prestación de servicios de extensión agrícola.

La metodología del estudio incluyó un enfoque mixto, utilizando tanto métodos cualitativos como cuantitativos. Se recopilaron datos de 79,984 usuarios de un sistema de consulta agrícola, además de realizar encuestas y discusiones en grupos focales. Los instrumentos utilizados incluyeron entrevistas a informantes clave y análisis de datos del servidor.

Los resultados mostraron que las TIC, como aplicaciones móviles y un diario digital, mejoraron la comunicación entre los extensionistas y los agricultores, lo que incrementó la adopción de tecnologías y la productividad agrícola. Los extensionistas reportaron un aumento en su confianza y eficiencia, lo que se tradujo en un mejor servicio a los agricultores. Las conclusiones del estudio destacan la importancia de implementar sistemas de monitoreo de datos que faciliten la toma de decisiones y mejoren la asistencia técnica, lo que respalda la necesidad de un sistema similar en la industria de palma de aceite en Colombia.

7. Referente normativo y legal

La Ley 607 de 2000, en su Artículo 3°, define el Servicio de Asistencia Técnica Directa Rural como la atención continua y regular a los productores agrícolas, pecuarios, forestales y pesqueros, brindándoles asesoría en áreas clave como: la aptitud de los suelos, la selección del tipo de actividad a desarrollar, la planificación de las explotaciones, la aplicación de tecnologías y recursos adecuados a la naturaleza de la actividad productiva, los procedimientos para acceder a financiamiento, el mercadeo de los productos generados y la promoción de formas de organización de los productores. Esta ley establece un marco normativo para la regulación de los servicios y beneficios en el ámbito rural, subrayando la relevancia de la asistencia técnica y la gestión eficiente de los recursos disponibles. (Ley 607 de 2000, art. 3)

El Decreto 3199 de 2002 establece el marco regulatorio para la prestación del Servicio Público Obligatorio de Asistencia Técnica Directa Rural en Colombia, dirigido a apoyar a pequeños y medianos productores rurales. Este decreto obliga a los municipios y distritos a proporcionar este servicio de manera gratuita a los pequeños productores y autofinanciada a los medianos, a través de entidades públicas, privadas o mixtas. Es esencial la coordinación entre diferentes actores, como asociaciones de productores, universidades y entidades gubernamentales, para garantizar que la asistencia técnica responda a las necesidades específicas de cada región. Además, el decreto resalta la importancia de un sistema de evaluación y seguimiento para medir la eficiencia e impacto del servicio, utilizando indicadores que consideran aspectos como la reducción de la pobreza rural y el bienestar comunitario. Este enfoque integral busca no solo mejorar la productividad, sino también contribuir al desarrollo sostenible y a la competitividad del sector agropecuario, fortaleciendo el tejido social y

económico de las comunidades rurales y promoviendo un desarrollo equitativo. (Decreto 3199 de 2002)

La Resolución 140 de 2007 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural establece el "Incentivo a la Productividad para el Fortalecimiento de la Asistencia Técnica Agropecuaria", cuyo objetivo principal es mejorar la competitividad del sector agropecuario mediante la provisión de asistencia técnica a los productores. Este incentivo consiste en un apoyo económico que cubre parcialmente los gastos relacionados con la contratación de servicios de asistencia técnica en diversas actividades agrícolas, pecuarias, acuícolas y forestales. Además, se establece un registro de las entidades que prestan estos servicios, las cuales deben cumplir con requisitos específicos para garantizar su capacidad y efectividad. La resolución también aclara que este incentivo es incompatible con otros apoyos estatales para el mismo fin, evitando la duplicidad de beneficios. Las entidades registradas deben proporcionar información periódica al Ministerio y demostrar su cumplimiento con las condiciones necesarias para ofrecer una asistencia técnica adecuada, bajo riesgo de cancelación del registro en caso de incumplimiento o de presentar información falsa. (Resolución 00140 de 2007)

Finalmente, la Resolución No. 000132 de 2022 establece un marco para la mejora de la asistencia técnica agropecuaria en Colombia, enfocándose en el desarrollo rural y la economía campesina. Este documento tiene como objetivo garantizar la calidad y la cobertura de los servicios de asistencia técnica, promoviendo la investigación, la innovación y la participación comunitaria en el desarrollo agrícola. El objetivo central es fortalecer la asistencia técnica agropecuaria y mejorar las condiciones de vida de los habitantes rurales del país. (Resolución 00132 de 2022)

8. Referente teórico

La asistencia técnica en la palmiticultura colombiana se organiza principalmente a través de Núcleos Palmeros, que agrupan productores de grande, mediana y menor escala. Estos núcleos permiten la entrega de un servicio de asistencia técnica integral, centrado en facilitar la adopción de tecnologías y prácticas agrícolas sostenibles. Los principales componentes de esta organización incluyen:

1. Unidades de Asistencia y Auditoría Técnica, Ambiental y Social (UAATAS):

Estas unidades pueden ser internas o externas y ofrecen asistencia directa a los productores. Su rol es ayudar a los palmiticultores a implementar prácticas de manejo productivo, ambiental y social. (Hinestroza Córdoba & Baracaldo, 2022).

- ### 2. Dirección de Extensión de Cenipalma:
- Es la entidad encargada de transferir conocimientos y mejores prácticas a los Núcleos Palmeros. Su labor es cerrar brechas en productividad, mejorar las prácticas sostenibles y apoyar el desarrollo de los productores. (Hinestroza Córdoba & Baracaldo, 2022). Y “Según la FAO, la extensión es el sistema o servicio que mediante procesos educativos (referidos a todos aquellos que favorecen el aprendizaje de los individuos) ayuda a la población rural a mejorar los métodos y las técnicas agrícolas, con la utilización de, por ejemplo, procesos de transferencia de resultados de investigación, capacitaciones y programas formales. El propósito es que se incremente la productividad de las actividades agrícolas o pecuarias y en correspondencia los ingresos, con ello se mejore el nivel de vida rural y se eleven los estándares educativos y sociales de estas zonas.”
- (Fedepalma, 2011)

- 3. Planes estratégicos y cofinanciamiento:** Desde el Congreso de Cultivadores de Palma de Aceite en 2019, se acordó destinar fondos para cofinanciar actividades de asistencia técnica. Estos planes se estructuran de acuerdo con las necesidades y el perfil de cada productor, permitiendo establecer metas de productividad y mejorar la capacitación. (Hinestroza Córdoba & Baracaldo, 2022).
- 4. Apoyo adicional:** Los Núcleos Palmeros también facilitan acceso a insumos, crédito, y capacitación especializada, como el manejo nutricional, control fitosanitario y estrategias ambientales. (Hinestroza Córdoba & Baracaldo, 2022).

Este modelo organizativo permite la adopción de prácticas sostenibles y facilita que los productores, especialmente los pequeños, reciban el apoyo necesario para incrementar la productividad y cumplir con estándares de sostenibilidad.

En el caso del sector palmero, la asistencia técnica se constituye como un servicio de extensión agropecuaria dirigido a apoyar a los productores en la adopción de prácticas agrícolas sostenibles para la producción de aceite de palma. Este servicio se desarrolla bajo un plan estratégico que se adapta a las necesidades específicas de los productores, empleando metodologías de gestión de extensión y capacitación. Además, se procura que los prestadores del servicio cuenten con la idoneidad y las competencias necesarias para alcanzar los objetivos de sostenibilidad y productividad definidos (Cenipalma, 2020).

Para garantizar el seguimiento de los servicios de extensión y asistencia técnica, se propone implementar un sistema de monitoreo que incluya ejes fundamentales. Estos ejes están diseñados para evaluar cómo las acciones implementadas en el territorio contribuyen a una producción sostenible de palma de aceite, y abarcan los siguientes aspectos clave: 1.

Productividad que depende del nivel de 2. Adopción de tecnologías y a su vez este dependerá del 3. Personal de asistencia técnica. A continuación, profundizamos en estos conceptos.

I. Productividad

La medición de la productividad del cultivo de palma de aceite se basa en varias variables clave que influyen en el rendimiento y la eficiencia del cultivo. A continuación, se resumen las principales variables a tener en cuenta:

- 1. Racimos de Fruta Fresca (RFF):** Se refiere a la cantidad de racimos de fruta fresca que se cosechan de las palmas. La productividad de racimo fruta fresca producidos por hectárea es un indicador directo de la productividad del cultivo y se mide en toneladas por hectárea (t/RFF/ha/año). La cantidad de RFF puede verse afectada por factores como la edad de la plantación, las prácticas de manejo agronómico, y las condiciones climáticas.
- 2. Aceite Crudo de Palma (ACP):** Se refiere a la cantidad de aceite que se obtiene de los racimos de fruta y se expresa en toneladas de aceite producidas por hectárea al año (t/ACP/ha/año). Se debe considerar la Tasa de Extracción de Aceite (TEA), que es el porcentaje de aceite que se logra extraer de los RFF.

Teniendo en cuenta los indicadores que nos miden la productividad del cultivo de la palma de aceite, es necesario tener conocimiento de diferentes variables que afectan directamente la productividad en la palma de aceite como:

- 1. Tipo de Cultivar:** La elección del cultivar de palma de aceite es una variable fundamental que influye en la productividad. Existen principalmente dos tipos de cultivares en las plantaciones:

1.1. *Elaeis guineensis* (Palma de aceite africana): Originaria de África occidental y central, es la especie más cultivada para la producción de aceite de palma. Esta palma puede alcanzar hasta 20 metros de altura y presenta hojas pinnadas con un alto número de foliolos. Su rendimiento potencial es elevado, aunque puede verse afectado por factores ambientales y de manejo. A pesar de ser generalmente resistente a plagas y enfermedades, es susceptible a algunas, como la pudrición basal del estípite (*Ganoderma*). Se adapta bien a diversas condiciones climáticas, prefiriendo climas cálidos y húmedos, lo que la convierte en una opción popular en la agricultura de aceite de palma. (Woittiez, L. S et al, 2018)

1.2. Híbrido OxG: Los híbridos de palma de aceite, resultantes del cruce entre *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleífera*, ofrecen características mejoradas en comparación con las variedades puras. Estos híbridos suelen presentar una mayor uniformidad en morfología y un contenido de aceite superior en sus racimos de frutos. Su rendimiento potencial es generalmente más alto, con incrementos significativos en la producción de aceite. Además, pueden mostrar una mayor resistencia a ciertas plagas y enfermedades. Sin embargo, requieren un manejo agronómico cuidadoso y condiciones óptimas de cultivo para maximizar su rendimiento, lo que los hace atractivos para los productores que buscan mejorar la eficiencia y sostenibilidad en la producción de aceite de palma. (Woittiez, L. S et al, 2018)

1.3. Edad de la Plantación: La productividad del cultivo de palma de aceite varía según la edad de la plantación. Generalmente, se observa un aumento en la producción a medida que las plantas maduran, alcanzando su máximo potencial en la etapa adulta. Sin embargo, en etapas muy avanzadas, puede haber una

posible disminución en la productividad debido al envejecimiento de las palmas.

Se presenta a continuación los rangos de edad y su productividad:

1.3.1. Menor de 3 años: En esta etapa, las palmas están en fase de crecimiento y aún no son productivas. No se espera producción significativa de racimos de fruta fresca (RFF). (Ling-Hoak Oo & Kodiappan, P. 2006)

1.3.2. Entre 3 y 7 años: Las palmas comienzan a entrar en producción. Aunque la producción es aún baja, se espera un aumento gradual en el rendimiento a medida que las palmas maduran. (Ling-Hoak Oo & Kodiappan, P. 2006)

1.3.3. Entre 8 y 10 años: En este rango, las palmas alcanzan un rendimiento más estable y significativo. La producción de RFF comienza a ser más consistente y se considera que están en una fase productiva. (Ling-Hoak Oo & Kodiappan, P. 2006)

1.3.4. Entre 10 y 20 años: Este es el período donde las palmas suelen alcanzar su máxima productividad. Los rendimientos son óptimos y se espera que la producción sea alta y constante. (Ling-Hoak Oo & Kodiappan, P. 2006)

1.3.5. Mayor a 20 años: A partir de este punto, los rendimientos comienzan a disminuir. Aunque las palmas pueden seguir produciendo, la eficiencia y la cantidad de RFF tienden a caer, y se recomienda considerar la renovación del cultivo, especialmente después de los 30 años. (Ling-Hoak Oo & Kodiappan, P. 2006)

II. Prácticas de Manejo del cultivo

Las técnicas de cultivo, la frecuencia de cosecha y el uso de insumos, como fertilizantes y pesticidas, son variables que impactan directamente en la productividad. Un manejo agronómico adecuado, que incluya la aplicación oportuna de insumos y la implementación de prácticas sostenibles, puede mejorar tanto la calidad de los Racimos Frescos de Fruta (RFF) como la eficiencia en la extracción de Aceite Crudo de Palma (ACP). A continuación, se enlistan según (Cenipalma, Fedepalma, & SENA, 2017) las mejores prácticas de la industria palmera para un incremento de productividad sostenible:

- 1. Aplicación de Biomasa:** La biomasa aporta materia orgánica, que es esencial para la estructura del suelo y la actividad microbiana, lo que a su vez mejora la disponibilidad de nutrientes lo cual se resume a una mejora la fertilidad del suelo y la retención de humedad.
- 2. Nutrición Balanceada:** Un balance adecuado de nutrientes es crucial para el crecimiento y desarrollo de las plantas. La deficiencia o exceso de nutrientes puede limitar el crecimiento y la producción. Lo cual aumenta el rendimiento y la calidad de los frutos.
- 3. Sistema de Riego:** El riego adecuado asegura que las plantas tengan acceso constante a agua, lo que es vital para la fotosíntesis y el transporte de nutrientes.
- 4. Establecimiento de Drenajes:** Un buen drenaje es esencial para evitar la asfixia radicular y la proliferación de enfermedades en el suelo. Lo cual previene el encharcamiento y mejora la aireación del suelo.
- 5. Cultivo de Plantas Nectaríferas:** Las plantas nectaríferas atraen más polinizadores, lo que mejora la polinización de las flores de palma de aceite. Una polinización efectiva es crucial para la fecundación de las flores, lo que resulta en una mayor

formación de frutos. Con una mejor polinización, se produce un mayor número de frutos y semillas, lo que incrementa el rendimiento del cultivo. Esto significa que los agricultores pueden cosechar más fruta por hectárea, mejorando así la rentabilidad del cultivo de palma de aceite.

- 6. Cobertura con Leguminosas:** Las leguminosas fijan nitrógeno en el suelo, lo que mejora la fertilidad y reduce la necesidad de fertilizantes químicos. Lo cual mejora la estructura del suelo y aumenta la materia orgánica.
- 7. Identificación del Punto Óptimo de Cosecha:** Cosechar en el momento adecuado asegura que los frutos tengan el máximo contenido de aceite y calidad, lo que es crucial para la rentabilidad. Lo cual maximiza la calidad y cantidad de la producción.
- 8. Manejo Integral Fitosanitario:** Un enfoque integrado permite el control efectivo de plagas y enfermedades, minimizando el uso de pesticidas y mejorando la sostenibilidad. Lo cual mantiene la salud del cultivo y reduce pérdidas.
- 9. Polinización artificial:** La polinización artificial es un método en el que se transfiere manualmente el polen de una flor a otra, especialmente útil en cultivos híbridos. Y maximiza la producción en híbridos, aumentando la tasa de cuajado de los frutos y mejorando su calidad, lo que es beneficioso para la comercialización.
- 10. Registro Digital de Datos:** La recopilación y análisis de datos permite identificar patrones y optimizar prácticas, lo que puede llevar a una mayor eficiencia.
- 11. Sistemas de Información Geográfica (SIG):** Los SIG permiten un análisis espacial que puede mejorar la gestión de recursos y la planificación del uso del suelo. Ayuda en la planificación y optimización de la producción.

12. Selección de Material Genético: La selección de material genético implica elegir variedades específicas de palma de aceite que sean adecuadas para un entorno particular, enfocándose en la resistencia a enfermedades y la adaptación a condiciones locales. La selección adecuada puede incrementar la productividad del cultivo en un 50%, gracias a la resistencia a enfermedades y la eficiencia en el uso de recursos. Además, Elegir variedades adaptadas y resistentes contribuye a un enfoque agrícola más sostenible, manteniendo la salud del ecosistema y reduciendo el impacto ambiental.

III. Personal de asistencia técnica

Es importante medir el fortalecimiento del personal de asistencia técnica, que opera a través de núcleos palmeros en diversas regiones del país, desempeña un papel crucial en la implementación de las mejores prácticas agroindustriales. Este personal no solo proporciona conocimientos técnicos sobre el manejo del cultivo, sino que también actúa como un puente entre la investigación y la práctica agrícola. (Cenipalma, Fedepalma, & SENA, 2017) Su labor incluye:

- 1. Capacitación y Educación:** Los técnicos capacitan a los agricultores en técnicas de cultivo, manejo fitosanitario, control de malezas, y prácticas de cosecha y postcosecha. Esto es esencial para asegurar que los productores adopten tecnologías y métodos que mejoren la productividad y reduzcan costos.
- 2. Asesoría Personalizada:** Cada finca tiene características únicas que requieren un enfoque adaptado. El personal técnico evalúa las condiciones específicas de cada

cultivo y ofrece recomendaciones personalizadas que consideran factores como el tipo de suelo, clima y variedades de palma.

- 3. Monitoreo y Evaluación:** La asistencia técnica incluye el seguimiento continuo de las prácticas implementadas en el campo. Esto permite identificar problemas a tiempo y ajustar las estrategias de manejo, lo que contribuye a la sostenibilidad del cultivo.
- 4. Transferencia de Tecnología:** A través de su trabajo, el personal técnico facilita la transferencia de tecnología desarrollada por centros de investigación como Cenipalma. Esto asegura que los agricultores tengan acceso a las últimas innovaciones y prácticas recomendadas, lo que es vital para mantener la competitividad en el mercado global.

La intervención del personal de asistencia técnica ha demostrado ser un factor determinante en la mejora de la productividad del cultivo de palma de aceite. Según datos recopilados, las parcelas que implementan las mejores prácticas agrícolas, con el apoyo de estos técnicos, han mostrado incrementos en la productividad en comparación con aquellas que no reciben asistencia. Esto no solo beneficia a los agricultores en términos económicos, sino que también contribuye a la sostenibilidad del sector, al promover prácticas que minimizan el impacto ambiental y mejoran la salud del ecosistema agrícola. (Cenipalma, Fedepalma, & SENA, 2017)

IV. Factores Climáticos.

Las condiciones climáticas, como la temperatura, la humedad y la precipitación, juegan un papel crucial en la productividad del cultivo. Un clima favorable puede resultar en un aumento en la producción y en la calidad de los RFF, mientras que condiciones adversas pueden

limitar el crecimiento y la producción. Los factores climáticos son determinantes para la productividad de la palma aceitera. La radiación solar adecuada, con al menos 5.5 horas diarias, es esencial para la fotosíntesis y el crecimiento. La precipitación y la temperatura influyen directamente en el desarrollo y rendimiento del cultivo, mientras que la humedad relativa adecuada minimiza el estrés hídrico. Además, las condiciones del suelo, en interacción con el clima, afectan la producción. La variabilidad climática puede causar fluctuaciones en la productividad, por lo que un manejo adecuado de estos factores es crucial para maximizar el rendimiento y asegurar la sostenibilidad del cultivo. (García Castillo, 2023)

9. Metodología

Este capítulo expone la metodología utilizada para la implementación del sistema centralizado de monitoreo de indicadores de impacto de la estrategia de Cenipalma con los POA. Estas herramientas, diseñadas anualmente por Cenipalma, permiten programar y financiar actividades para mejorar la productividad y sostenibilidad en la industria de la palma de aceite.

El desarrollo metodológico se estructuró en tres fases, alineadas con los objetivos del estudio

Figura No. 2. Fases Metodología Empleada.



Cada una de estas fases garantizó la correcta planificación, desarrollo y despliegue del sistema de monitoreo dentro del entorno SIG, asegurando que la información recopilada fuera precisa, accesible y útil para la toma de decisiones.

9.1 Enfoque metodológico

El estudio adopta un enfoque cuantitativo descriptivo, fundamentado en la integración de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y bases de datos relacionales para medir, comparar y analizar patrones clave asociados a la asistencia técnica y la productividad.

1. **Recolección:** Mediante formularios digitales en *ArcGIS Survey123*, diseñados con validaciones automáticas para garantizar la calidad.

- a. **Módulos principales del sistema.**

- i. **Productividad:** Se genera un proceso progresivo de recolección de datos esenciales para monitorear la productividad de las plantaciones de los palmicultores vinculados a la base de suministro del núcleo palmero. Los principales datos requeridos son:

1. Fecha vigencia del reporte: Reportes anualizados.
2. Cultivar: Variedad (*Elaeis guineensis* u híbrido OxG).
3. Año de siembra: Año de establecimiento del cultivo.
4. Área neta del reporte (ha): Superficie productiva.
5. Producción (t): Total de racimos de fruto fresco (RFF) producidos.
6. Tasa de extracción (TEA): Porcentaje de aceite extraído.
7. Rendimiento (t/RFF/ha/año): Producción por hectárea.

- ii. **Adopción de mejores prácticas tecnológicas:** Registra la implementación de tecnologías y prácticas sostenibles en las plantaciones.

Los principales datos son:

- i. **Área cubierta por prácticas clave:** Biomasa, nutrición balanceada, riego, drenajes, plantas nectaríferas, leguminosas y polinización.

- ii. **Prácticas fitosanitarias:** Control de enfermedades (ML, PC, MS) y plagas (RP, defoliadores).
 - iii. **Uso de tecnología:** Registros digitales y sistemas SIG.
- iii. Personal de asistencia técnica:** Detalla el perfil y la labor de los técnicos contratados por los núcleos palmeros:
- iv. **Datos personales:** Nombre, documento, contacto, nivel educativo y su cargo dentro del núcleo.
 - v. **Información laboral:** Tipo de contrato, fecha de ingreso y cargo.
 - vi. **Cobertura:** Número de palmicultores asistidos y área total de plantaciones.
- 2. Almacenamiento:** En *SQL Server*, con flujos automatizados a través de *Make (Integromat)* para facilitar la carga masiva de datos desde archivos Excel, especialmente para el módulo de productividad.
- 3. Análisis:** Empleando consultas y *Jobs* en *SQL Server*, junto a la creación de tablas materializadas para facilitar el acceso a la información según roles. Además, se realizaron procesos espaciales en *ArcGIS Pro* para generar indicadores clave.
- 4. Presentación:** A través de *ArcGIS Dashboards*, utilizando gráficos interactivos y mapas temáticos. Para garantizar un acceso centralizado y seguro, se implementó un portal único mediante *ArcGIS Enterprise Sites*, permitiendo a cada núcleo acceder a su información mediante usuarios autenticados.

9.2 Tipo de estudio

El estudio es de tipo cuantitativo, descriptivo y transversal, enfocado a la caracterización y monitoreo de indicadores clave mediante la integración de diversas fuentes en una plataforma SIG. Esta metodología se basa en la identificación de indicadores clave, el diseño de formularios y tableros interactivos para el análisis eficiente de la información, y la entrega de un sitio centralizado que almacene los módulos informativos garantizando la privacidad de cada núcleo palmero. Este enfoque, aplicado a un período anual, facilita la detección de patrones y tendencias relevantes para la evaluación de la asistencia técnica y la productividad.

10. Procedimiento

Esta sección detalla las fases, actividades, métodos, técnicas y recursos empleados en el desarrollo del sistema de monitoreo en *ArcGIS Enterprise*. El procedimiento se organiza en tres fases principales, alineadas con los objetivos específicos de la investigación:

Fase 1: Definición de indicadores y requerimientos.

Fase 2: Diseño de la estructura del sistema de monitoreo.

Fase 3: Implementación del sistema.

10.1 Fase 1: Definición de Indicadores y Requerimientos.

10.1.1 Actividad 1: Análisis de Requerimientos.

Identificación de actores clave (núcleos palmeros y extensionistas de Cenipalma). El primer paso consistió en comprender los actores clave que interactuarían con la plataforma: los núcleos palmeros y los extensionistas. Para ello:

Se identificó la necesidad de que cada núcleo visualice información conforme a su acceso restringido a datos confidenciales.

Se estableció el perfil del usuario de Cenipalma, denominado “Extensionista”, encargado de apoyar y orientar a los núcleos, con acceso a información general para la toma de decisiones.

Revisión del catastro palmero para validar la coherencia de los datos. En esta etapa, se analizó la información proveniente del catastro palmero, base fundamental para validar la consistencia de los datos reportados. El objetivo fue alinear la información de productividad, adopción de mejores prácticas tecnológicas y personal de asistencia técnica con el catastro para garantizar coherencia y consistencia.

Análisis de flujos de información. Se revisaron documentos de requerimientos y se planteó un flujo de información basado en los dos usuarios identificados. Se enfatizó la integración de los datos de productividad y adopción de tecnologías con la estructura del catastro palmero, compuesta por:

- Palmicultores
- Plantaciones de palma de aceite.
- Lotes, asociados a las plantaciones organizados por cultivares y años de siembra.
- Núcleos, que se relacionan con los palmicultores a través de la base de suministro.

Dado que los datos de adopción de tecnologías y productividad se relacionan con las plantaciones de los palmicultores, se consideraron estas relaciones para su correcta integración en las bases de datos.

Esta etapa incluyó reuniones con el equipo de Cenipalma y análisis detallado de las relaciones en la base de datos del catastro palmero, estableciendo un punto de partida sólido para garantizar la integridad de la información en el sistema.

10.1.2 Actividad 2: Identificación de indicadores de impacto.

Organización en tres módulos de monitoreo. Se definieron indicadores para evidenciar el impacto de la asistencia técnica y las estrategias anuales (POA). A través de entrevistas con expertos, se establecieron tres módulos de evaluación clave: Productividad, adopción de mejores prácticas tecnológicas y personal de asistencia técnica.

Definición de indicadores clave mediante entrevistas con expertos

Indicadores de Productividad. Datos cargados por los núcleos, diferenciando

RFF y ACP según:

- Rango de edad del cultivo y tipo de cultivar.
- Escala de productores:
 - Menor: <50 ha
 - Mediana: 51-500 ha
 - Grande: >500 ha

Indicadores de Adopción de Mejores Prácticas. Evaluación anual de adopción

tecnológica:

- Área adoptada y número de productores.
- Top 5 tecnologías más implementadas.
- Adopción de biomasa, riego, manejo fitosanitario y nutrición balanceada.
- Cumplimiento del plan de fertilización.
- Implementación de drenajes.

Indicadores del Personal de Asistencia Técnica. Evaluación desde el inicio de la

estrategia POA (2020):

- Cantidad y caracterización del personal.

- Cobertura de asistencia por escala de productor (menor, mediana, grande) y hectáreas asistidas.
- Eje de acción (social, ambiental, económico) y nivel educativo.

Esta fase estableció las bases para evidenciar anualmente el impacto de las estrategias, fortaleciendo la capacidad de evaluación y mejora continua.

10.2 Fase 2: Diseño del sistema de monitoreo

10.2.1 Actividad 1: Definición estructura general del sistema.

Definición de componentes principales. Se definió la arquitectura general del sistema, considerando:

Componentes principales:

- Base de datos: SQL Server Management Studio
- Portal web: Sites ArcGIS Enterprise
- Paneles de monitoreo: ArcGIS Dashboards.

Configuración de perfiles de usuario.

1. Núcleos-Creador: Este perfil es ideal para los núcleos palmeros, quienes serán los encargados de crear, editar y cargar información en el sistema. Permisos típicos:
 - a. Crear y editar encuestas en Survey123.
 - b. Agregar y actualizar capas en los mapas web.
 - c. Colaborar en aplicaciones como Experience Builder o Dashboards.
 - d. Subir archivos (CSV, shapefiles) a ArcGIS Enterprise.

2. Extensionistas – Administrador: Este perfil es para los extensionistas que tendrán control total sobre el sistema y podrán gestionar tanto el contenido como los usuarios. Permisos típicos:
 - a. Crear, editar y eliminar capas, mapas, aplicaciones y tableros.
 - b. Administrar permisos y roles de otros usuarios.
 - c. Configurar flujos de trabajo y automatizaciones en ArcGIS Enterprise.
 - d. Gestionar grupos y compartir contenido de forma interna o pública.
 - e. Monitorear el uso del sistema y revisar registros de actividad.

10.2.2 Actividad 2: Diseño Conceptual de la Base de Datos y Modelo Entidad-Relación (ER).

En esta actividad, se realizó el diseño conceptual del sistema, estructurando la base de datos a partir de los requisitos específicos de los núcleos palmeros y Cenipalma.

Identificación de entidades: Palmicultores, plantaciones, núcleos, personal de asistencia técnica y registros de adopción de mejores prácticas tecnológicas.

Relaciones principales: Base de suministro (núcleo–palmicultor), productividad de las plantaciones, adopción de mejores prácticas en las plantaciones, personal de asistencia técnica de los núcleos.

Modelo Entidad-Relación (ER): Como parte del proceso de estructuración de la base de datos para el sistema de monitoreo, se elaboró un Modelo Entidad-Relación (ER) que representa las relaciones entre las entidades principales y sus atributos clave. Este modelo se diseñó para

garantizar la correcta organización y almacenamiento de la información, facilitando su integración en la plataforma ArcGIS Enterprise.

10.2.3 Actividad 3: Diseño de herramientas para la recolección de datos y visualización de indicadores.

Para las plataformas que se diseñaron, se estableció el uso de herramientas suministradas por ArcGIS Enterprise ya que son diseñadas específicamente para el manejo de la información geoespacial. Estas dos principales herramientas se explican a continuación:

Diseño herramientas de recolección de datos.

Productividad: Precarga de datos del catastro palmero y formulario en línea. Con base en la información disponible del catastro palmero, se planeó precargar en el sistema los datos de las plantaciones de los palmicultores asociados a cada núcleo palmero. Esta precarga tiene como propósito facilitar que los núcleos completen la información de productividad de las plantaciones de sus proveedores. La precarga considera dos aspectos clave de cada plantación de los palmicultores identificados en estudios previos sobre productividad:

Año de siembra.

Tipo de cultivar.

Estas variables son fundamentales para definir rangos de productividad y realizar análisis detallados.

Los datos precargados se integran en una tabla embebida en una página del portal diseñada en Web AppBuilder, que permite:

Edición de registros directamente en el portal.

Descarga de datos en formato CSV, para facilitar la gestión de grandes volúmenes de información en Excel.

El archivo descargado debe cumplir ciertos estándares antes de ser cargado nuevamente en un formulario en línea de Survey123, también embebido en la misma página. Los datos precargados incluyen una llave foránea que identifica la plantación de cada palmicultor, garantizando así la articulación de la información y permitiendo análisis a distintas escalas geográficas, como zona, subzona, departamento y municipio.

Carga de datos de productividad a la base de datos.

Este proceso de cargue de datos de productividad a la base de datos, se realiza mediante la automatización del flujo de trabajo mediante Make (anteriormente Integromat), se establecen los siguientes estándares para los archivos Excel:

1. Las columnas no deben cambiar de posición.
2. La hoja debe nombrarse "Productividad".
3. Los números de identificación deben cargarse en formato plano (sin puntos, comas ni caracteres adicionales, como "-7" en el NIT).
4. Los decimales deben utilizar el formato de coma (,) como separador.
5. Todas las columnas deben completarse y, en caso de no aplicar, los campos deben dejarse como N/A o '0'.

El flujo automatizado funciona de la siguiente manera:

1. Recepción del archivo: Una vez cargado en la encuesta de Survey123, el archivo original se guarda en una carpeta compartida en SharePoint.
2. Validación de datos: Se revisa la completitud de los registros.
3. Clasificación de datos: Se generan dos rutas:

4. Datos nuevos: Información que no estaba precargada en la tabla inicial.
5. Datos para actualizar: Registros que necesitan modificaciones.
6. Integración con la base de datos: A través de la API REST de ArcGIS, los datos se agregan o actualizan en la tabla de productividad según corresponda.
7. Notificación: Si el proceso de carga es exitoso, se envía un correo al personal técnico responsable, confirmando el resultado.

Adopción de tecnologías. Para gestionar los datos de adopción de tecnologías, se diseñó una encuesta en Survey123 que los núcleos palmeros pueden acceder desde la aplicación. Durante las visitas de campo que se realizan durante cada año, los núcleos tienen la posibilidad de actualizar la información sobre las tecnologías adoptadas por los palmicultores, incluyendo el área específica donde se implementan dichas tecnologías.

Características principales del proceso:

1. Recolección georreferenciada: Cada vez que se recopilan datos, se obtiene el punto geográfico asociado a la plantación, lo que permite un análisis espacial más detallado.
2. Vinculación con datos de identificación: Cada registro está asociado a un palmicultor mediante su número de identificación. Este dato se utiliza para enlazar internamente la información recopilada con la plantación correspondiente del palmicultor.
3. Actualización anual: La información sobre adopción de tecnologías se actualiza de forma anualizada, garantizando que los datos reflejen el estado más reciente en el uso de tecnologías por parte de los palmicultores.
4. Este enfoque facilita la consolidación de datos relevantes sobre la adopción de tecnologías y permite analizar su impacto en la productividad y sostenibilidad del cultivo de palma de aceite.

Personal de asistencia técnica. Se desarrolló una encuesta en línea utilizando Survey123, integrada en la misma página del portal destinada a la gestión de esta información. La encuesta permite agregar los datos requeridos de cada persona de forma sencilla y estructurada, garantizando la completitud y precisión de la información recolectada.

Además, para facilitar la actualización de registros históricos existentes, se proporciona una tabla editable en la página de esta herramienta. Esto permite a los núcleos actualizar directamente la información necesaria según sus necesidades.

Este enfoque centralizado mejora significativamente la administración y actualización de los registros del personal técnico permitiendo:

- La integración de esta información con otros datos del sistema de monitoreo.
- Un análisis más detallado y preciso para la toma de decisiones estratégicas en los servicios de asistencia técnica.

Visualización de indicadores. Para cada uno de los módulos de información de productividad, adopción de mejores prácticas, y personal de asistencia técnica se crean tres tableros que se detallan a continuación, cada uno mostrando los indicadores de impacto ya mencionados anteriormente.

1. Tablero del núcleo:

Diseñado para mostrar el análisis detallado de los indicadores de cada núcleo, se establece mediante la herramienta de ArcGIS Dashboards, en donde se emplearon expresiones Arcade en los gráficos para que cada usuario visualice exclusivamente los datos correspondientes al núcleo con el que inició sesión.

Este tablero presenta indicadores desglosados por:

1.1. Tablero de control de productividad: Debe permitir filtrar por año, por escala de Productor y por subzona palmera. Además de que los indicadores deben mostrar la referencia del total de plantaciones y el área de equivalencia.

1.2. Tablero de control de adopción de mejores prácticas tecnológicas: Debe permitir filtrar por año y por escala de productor.

1.3. Tablero de personal de asistencia técnica: Este tablero debe contener el filtro de año, nivel educativo del personal y el sexo.

2. Tablero nacional:

2.1. Tableros de productividad y adopción de mejores prácticas tecnológicas:

Permite a los núcleos comparar sus indicadores con los promedios nacionales. Incluye filtros interactivos por: Zona y subzona palmera, departamento, municipio palmero, escala del productor y año.

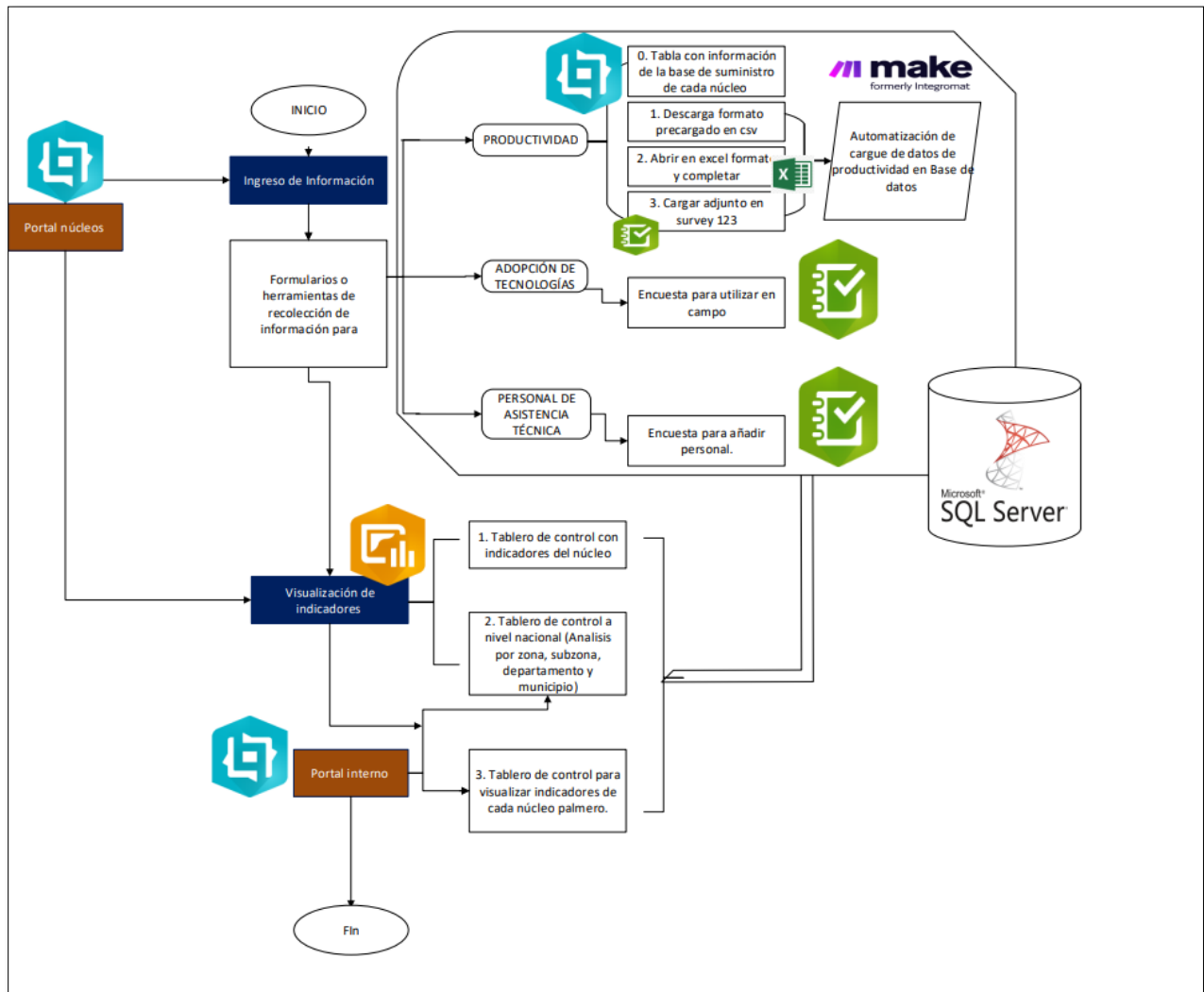
2.2. Tablero de personal de asistencia técnica:

Permite a los núcleos saber el consolidado nacional del personal de asistencia técnica con filtros interactivos por: Zona, año y sexo.

3. Tableros internos:

Estos tableros para cada módulo de información se crean específicos para que el usuario extensionista pueda ver los indicadores con un filtro adicional de “Núcleo palmero”.

Figura No. 3. Diseño portal interno del sistema de monitoreo a los servicios de extensión y asistencia técnica.



10.3 Fase 3: Implementación del sistema.

10.3.1 Actividad 1: Implementación de la Base de Datos.

Despliegue de Tablas y Vistas Materializadas

Creación de tablas: Las tablas para almacenar la información de productividad, adopción tecnológica y asistencia técnica se crearon mediante ArcGIS Pro, integrándose con SQL Server Management Studio.

Vistas materializadas: Se implementaron para agilizar el acceso a indicadores clave, actualizándose automáticamente mediante Jobs en SQL Server.

10.3.2 Actividad 2: Creación de Encuestas en Survey123.

En esta etapa se implementaron tres encuestas principales mediante Survey123 Connect, cada una diseñada para capturar y gestionar la información clave de los módulos de productividad, adopción de tecnologías y personal de asistencia técnica.

Encuesta para el Adjunto Excel de Productividad. Con el objetivo de permitir a los núcleos palmeros cargar los datos de productividad mediante un archivo Excel se implementó en Survey123 connect.

Campos principales:

- Archivo adjunto: Carga del archivo Excel con los datos de productividad.
- Núcleo: Selección automática según el usuario autenticado (created_user).
- Fecha de reporte: Fecha de envío de la información.

Encuesta para Adopción de Tecnologías. Con el objetivo de capturar la información de adopción de tecnologías por parte de los palmicultores, asociando el área y la georreferencia, se implementó en Survey123 connect

Campos principales:

- Ubicación de la plantación: Punto georreferenciado.
- Año de adopción: Año en que se implementó la tecnología.
- Núcleo: Selección automática según el usuario autenticado (created_user).
- Tecnología adoptada: Lista de tecnologías (biomasa, riego, manejo fitosanitario, etc.).
- Área adoptada (ha): Cantidad de hectáreas bajo la práctica.

Encuesta para Personal de Asistencia Técnica. Con el objetivo de registrar la información del personal de asistencia técnica de cada núcleo, se implementa en survey123 connect.

Campos principales:

- Datos personales: Nombres, Apellidos, Documento.
- Nivel educativo: Lista desplegable.
- Eje de acción: (Social, ambiental, económico).
- Número de productores asistidos y área.

10.3.3 Actividad 3: Cargue de datos automáticamente de productividad y cálculo de Indicadores mediante Vistas Materializadas.

En esta actividad se configuraron flujos automatizados mediante MAKE (Integromat) y Jobs en SQL Server, generando una vista materializada para el módulo de Productividad, que es el único módulo que permite la carga de datos mediante archivos Excel.

La herramienta MAKE (Integromat) se utiliza para recibir, validar y transferir automáticamente los datos cargados desde Survey123 hacia la base de datos, mientras que SQL Server ejecuta un Job para validar, cruzar y calcular los indicadores esenciales.

Para los módulos de Adopción de Tecnologías y Asistencia Técnica, no se realizaron vistas materializadas, ya que sus indicadores se calculan directamente a partir de las respuestas recopiladas en Survey123, sin necesidad de validaciones adicionales.

Productividad. El flujo de trabajo para el cálculo de indicadores de productividad se compone de dos procesos principales:

- Integración de información mediante MAKE (Integromat): Recepción y validación inicial de datos.
- Implementación del Job_Productividad en SQL Server: Validación avanzada, cruce de datos y cálculo de indicadores clave mediante una vista materializada.

Implementación de la Integración de Información en MAKE (Integromat). Se estableció un flujo de trabajo en MAKE para recibir y validar los registros enviados desde Survey123, correspondientes a los archivos Excel cargados por los núcleos.

Descripción del Flujo:

a. **Recepción de datos desde Survey123:**

- El flujo se activa automáticamente al detectar un envío desde la encuesta de productividad en Survey123.
- El archivo adjunto (Excel) se guarda en una carpeta compartida en SharePoint.

b. **Validación automática del archivo:**

- Se comprueba que el archivo cumpla con el formato definido (nombre, columnas esperadas y campos obligatorios).
- Si el archivo no cumple el formato, se envía automáticamente una notificación al núcleo indicando el error.

c. **Clasificación de registros:**

- Datos nuevos: Registros que no estaban precargados.
- Datos para actualizar: Registros precargados que fueron llenados correctamente y podemos actualizar el registro en vez de incorporar uno nuevo.

d. Carga en la base de datos:

- A través de la API REST de ArcGIS, se cargan los registros válidos en la tabla Productividad de SQL Server.

Implementación del Job_Productividad en SQL Server: Cálculo de Indicadores mediante Vista Materializada. Una vez que los registros se cargan en Productividad_Datos_Crudos, el Job_Productividad ejecuta automáticamente el flujo completo de validación, cruce y cálculo de indicadores esenciales mediante una vista materializada.

- Nombre del Job: Sistema de Monitoreo
- Frecuencia: Diario a las 23:00 horas.
- Composición: Cuatro pasos principales:

1. Paso 1. Identificación de Registros Válidos:

Validación de la calidad de los registros y descarte de aquellos incompletos ("basura"). Solo se consideran válidos los registros con todos los campos obligatorios completos.

2. Paso 2: Cruce con la Tabla de Palmicultores:

Relación de las plantaciones (identificadas por el número de ID del palmicultor) con los registros de productividad mediante la clave foránea.

Inserción de la llave foránea fk_plantacion_productividad para vincular cada registro de productividad con su palmicultor.

3. Paso 3: Cálculo de Indicadores Clave mediante Vista Materializada:

Se crea la vista materializada vw_Indicadores_Productividad, que calcula automáticamente los indicadores esenciales definidos por Cenipalma:

- a. Rango de Edad del Cultivo: Según el año de siembra (menor de 3 años, 3-5 años, 6-10 años, más de 10 años).
- b. Escala del Productor: Según el área productiva (menor escala <50 ha, mediana 51-500 ha, gran escala >500 ha).
- c. Rendimiento (t ACP/ha): Calculado como: $t \text{ ACP/ha} = (t / \text{RFF/ha}) \times \text{TEA}$

Contextualización Geográfica: Desglose por zona, subzona, departamento y municipio.

4. Paso 4: Propiedad y Acceso a los Datos:
 - a. Actualización del campo `created_user` en base al `username` del núcleo registrado.
 - b. Asignación de la propiedad de los registros al núcleo correspondiente para garantizar que cada usuario solo visualice su propia información.

10.3.4 Actividad 4: Creación de tableros de control.

Creación de tableros de control en ArcGIS Dashboards. Se implementaron tableros interactivos para visualizar los indicadores clave de cada módulo:

- Tablero de productividad: Visualiza indicadores de rendimiento (*t ACP/ha*), rango de edad del cultivo y escala de productor.
- Tablero de adopción de tecnologías: Presenta el área adoptada, número de productores y tecnologías más implementadas.
- Tablero de asistencia técnica: Muestra la cobertura de asistencia, número de extensionistas y desglose por eje de acción (*social, ambiental, económico*).

10.3.5 Configuración de herramientas y portal web.

En esta etapa se configuró un único portal mediante ArcGIS Sites, integrando formularios, flujos automáticos y tableros de control. A través del control de permisos, se

asignó a cada usuario acceso exclusivo a la información correspondiente a su perfil, conforme a la configuración de roles de ArcGIS Enterprise.

Integración de formularios y tableros. En el sitio denominado “SMEAT”, se crearon páginas específicas para cada módulo, diferenciando el acceso según el perfil del usuario:

- Página para el usuario extensionista: Permite realizar el seguimiento de los datos y visualizar los tableros de control.
- Página para el usuario núcleo: Facilita el cargue de datos y la visualización de los tableros de control asociados a su núcleo.

Formularios integrados. Se incorporaron en el sitio SMEAT los formularios desarrollados en Survey123 para la recolección de datos:

- Formulario de productividad: Permite la carga de datos mediante *Survey123*, admitiendo la carga de archivos adjuntos en formato *Excel*.
- Formulario de adopción de tecnologías: Encuesta georreferenciada para registrar las tecnologías implementadas por los palmicultores.
- Formulario de asistencia técnica: Formulario estructurado para registrar y actualizar la información del personal de asistencia técnica.

Tableros de control integrados. Se integraron en el sitio SMEAT los tableros de control desarrollados en ArcGIS Dashboards, permitiendo la visualización de los indicadores clave para cada módulo. Estos tableros muestran:

- Indicadores de productividad: Desglose por escala de productor, rango de edad del cultivo y rendimiento (*t ACP/ha*).
- Indicadores de adopción de tecnologías: Área adoptada, número de productores y distribución geográfica de las tecnologías implementadas.

- Indicadores de asistencia técnica: Número de extensionistas, cobertura de asistencia y desglose por eje de acción (*social, ambiental, económico*).

Esta integración centralizada mediante el sitio *SMEAT* facilita el acceso diferenciado a la información y consolida en un único entorno todas las herramientas necesarias para la gestión y monitoreo de los indicadores.

Creación de páginas temáticas por módulo. Se crearon páginas específicas dentro del *Sites*, integrando los formularios y tableros correspondientes a cada módulo:

- Página de productividad: Integra el formulario de *Survey123* y el tablero de productividad.
- Página de adopción de tecnologías: Contiene el formulario y el tablero de adopciones tecnológicas.
- Página de asistencia **técnica**: Incluye el formulario y el tablero de asistencia técnica.

Configuración de permisos y pruebas de acceso.

- Asignación de permisos según perfil: Los permisos se configuraron en *ArcGIS Enterprise*, garantizando que cada usuario solo acceda a la información autorizada:
 - Núcleos: Acceden únicamente a sus indicadores.
 - Extensionistas: Visualizan indicadores generales y comparativos.
 - Administradores: Acceden a todos los módulos y pueden gestionar permisos.

- Pruebas de acceso y visualización: Se realizaron pruebas para validar que los permisos y roles asignados funcionaran correctamente, verificando que cada perfil acceda solo a su información correspondiente.

11. Resultados

11.1 Definición de Indicadores y requerimientos

Como resultado del proceso de definición de indicadores y requerimientos, realizado en colaboración con el equipo de expertos de *Cenipalma*, se obtuvieron los siguientes lineamientos para la construcción del sistema de monitoreo:

11.1.1 Portal para el usuario Extensionista.

- Acceso a la información cruda cargada por los núcleos palmeros, organizada para facilitar su análisis.
- Herramientas para la visualización rápida y comparativa de los datos de cada núcleo.

11.1.2 Portal para el usuario Núcleo.

- Herramientas de recolección de datos, integradas mediante Survey123, para ingresar indicadores sobre productividad, adopción tecnológica y asistencia técnica.
- Tableros de visualización interactivos, personalizados mediante expresiones Arcade, que restringen el acceso para que cada núcleo visualice únicamente su propia información.
- Acceso a tableros nacionales para comparar sus resultados con los indicadores agregados a nivel nacional, con filtros por zona, subzona, departamento y municipio palmero.

11.1.3 Definición de módulos de indicadores:

Se establecieron tres módulos principales de información, alineados con los objetivos del sistema de monitoreo. Cada módulo contiene indicadores específicos, obtenidos a partir de los datos cargados por los núcleos en su portal:

Figura No. 4. Listado de Indicadores.

Módulo de información	Información Base	Indicadores
Productividad	Área reporte	1. Área sembrada por rango de edad.
	Cultivar	2. Área sembrada por cultivar.
	Año siembra	3. Rendimiento promedio (t/RFF/ha/año) histórico.
	Producción (t/RFF/año)	4. Rendimiento promedio de aceite histórico (t/ACP/ha/año)
	Productividad (t/ha/RFF/año)	5. Rendimiento promedio (t/RFF/ha/año) por escala de productor.
	TEA (Tasa de extracción del aceite)	6. Rendimiento promedio de aceite (t/ACP/ha/año) por escala de productor. 7. Rendimiento promedio (t/RFF/ha/año) por rango de edad del cultivo. 8. Rendimiento promedio de aceite (t/ACP/ha/año) por rango de edad del cultivo. 9. Rendimiento promedio (t/RFF/ha/año) por tipo de cultivo (E.Guineensis o Híbrido (OxG)). 10. Rendimiento promedio de aceite(t/ACP/ha/año) por tipo de cultivo (E.Guineensis o Híbrido (OxG)).
Adopción de mejores prácticas tecnológicas	Área Total	1. Área y número de productores con manejo de biomasa.
	Área en Guineensis (ha)	2. Área y número de productores con nutrición balanceada (plan de fertilización cumplido).
	Área en Híbrido (OXG) (ha)	3. Área y número de productores
	Área con biomasa (ha)	

	Área con nutrición balanceada (ha)	con sistemas de riego implementados.
	Área con riego (ha)	4. Área y número de productores con sistemas de drenaje implementados.
	Área con drenajes (ha)	5. Área y número de productores con cobertura de leguminosas para conservación de suelos.
	Área con cobertura de leguminosas (ha)	6. Área y número de productores con especies nectaríferas para promover polinización.
	Área con nectaríferas (ha)	7. Área y número de productores con manejo de Pudrición del Cogollo (PC).
	Área con manejo de PC (ha)	8. Área y número de productores con manejo de Marchitez Letal (ML).
	Área con manejo de ML (ha)	9. Área y número de productores con manejo de Mal del Sodado (MS).
	Área con manejo de MS (ha)	10. Área y número de productores con manejo de Anillo Rojo (AR).
	Área con manejo de AR (ha)	11. Área y número de productores con manejo y control del picudo (<i>Rhynchophorus palmarum</i>).
	Área con manejo de R. Palmarum (ha)	12. Área y número de productores con manejo integrado de plagas defoliadoras.
	Área con manejo de defoliadores (ha)	13. Área y número de productores con polinización asistida (uso de polen).
	Área con implementación de polen (ha)	14. Área y número de productores con aplicación de ácido naftalén acético (ANA).
	Área con implementación de ANA (ha)	15. Área y número de productores donde se identifica el punto óptimo de cosecha.
	Área con identificación del punto óptimo de cosecha (ha)	16. Área y número de productores gestionada mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG).
	Área con implementación de SIG (ha)	17. Área y número de productores gestionada mediante Cybertracker.
	Área con implementación de Cybertracker (ha)	
Personal de asistencia técnica.	Nombre(s) y Apellido(s)	1. Número de asistentes técnicos por año.
	Documento de identidad	
	Número de contacto	2. Número de productores asistidos

Correo electrónico	por escala.
Sexo	3. Distribución del equipo técnico por cargo desempeñado.
Nivel educativo	4. Distribución del equipo técnico por sexo.
Profesión o título	5. Nivel educativo del equipo técnico.
Fecha de ingreso a la compañía	6. Distribución por ejes del equipo técnico.
Fecha de retiro	
Tipo de contrato	
Cargo dentro del núcleo	
Número de productores de menor escala	
Área de productores de menor escala (ha)	
Número de medianos productores	
Área de medianos productores (ha)	
Número de grandes productores.	
Área de grandes productores (ha)	

11.2 Diseño del sistema de monitoreo.

Como resultado de la fase de diseño, se obtuvieron los siguientes productos, organizados según las actividades desarrolladas: la definición de la arquitectura del sistema, el diseño de la base de datos y las herramientas de recolección y visualización de indicadores.

11.2.1 Diseño de la Estructura General del Sistema.

Se consolidó la arquitectura general del sistema de monitoreo, integrando los componentes principales, perfiles de usuario y flujos de trabajo automatizados:

Arquitectura diseñada.

- Base de datos: SQL Server Management Studio.
- Portal web: ArcGIS Sites (previsto para albergar formularios y tableros).

- Paneles de monitoreo: ArcGIS Dashboards.

Diseño de Perfiles de Usuario.

- Perfil Núcleo: Permisos para cargar datos y ver solo sus indicadores.
- Perfil Extensionista: Permisos para visualizar indicadores generales y filtrar por núcleo.

11.2.2 Diseño Conceptual de la Base de Datos y Modelo Entidad-Relación (ER).

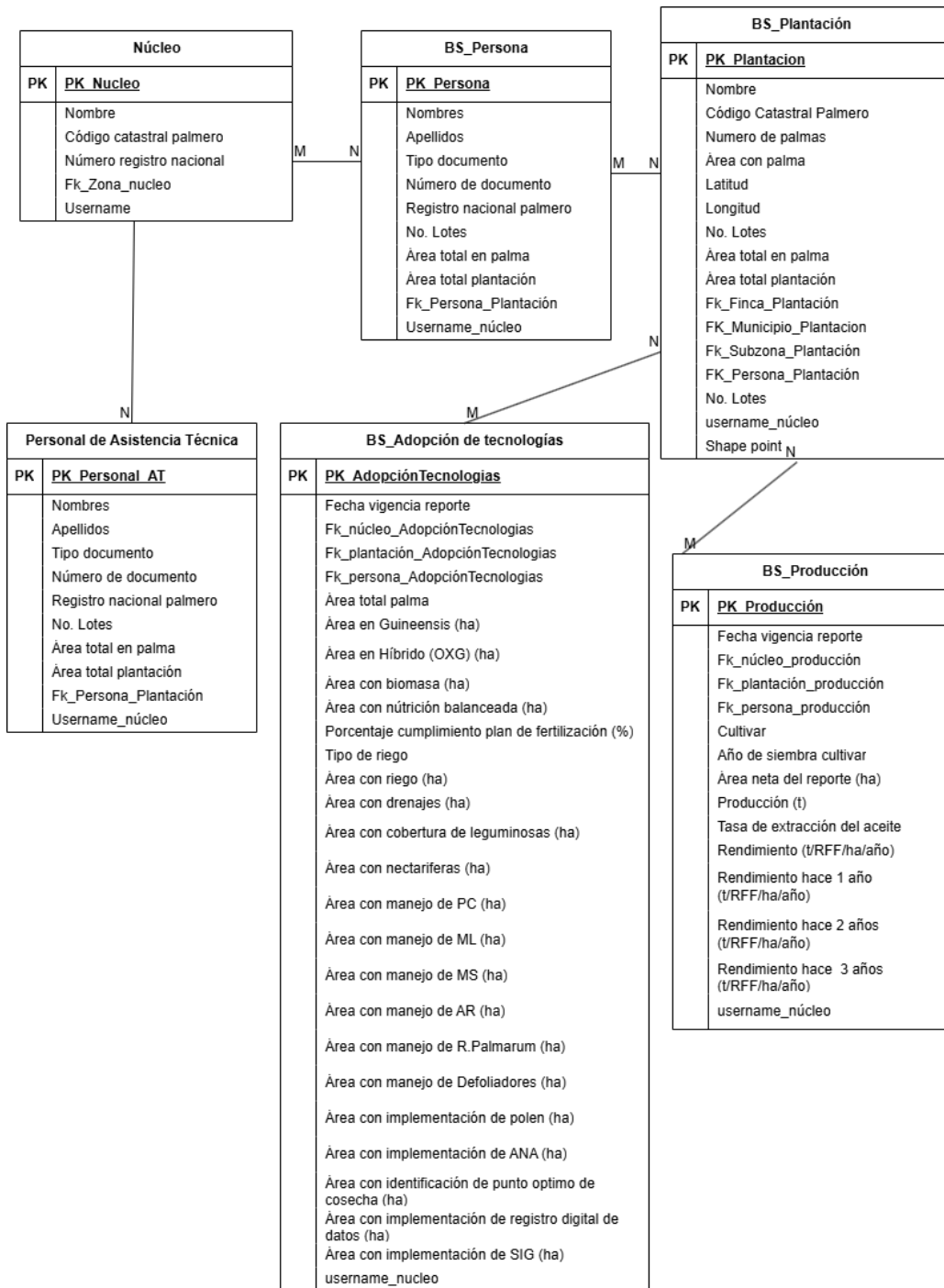
Identificación de entidades principales.

- Palmicultores: Con atributos de identificación y escala productiva.
- Plantaciones: Relacionadas con palmicultores mediante la base de suministro.
- Núcleos palmeros: Agrupan palmicultores según su base de suministro.
- Asistencia técnica: Registra el personal asignado y su cobertura.
- Adopción tecnológica: Relaciona tecnologías implementadas con palmicultores.

Modelo Entidad-Relación (ER).

Se diseñó un modelo ER que refleja las relaciones entre estas entidades, asegurando su integración en ArcGIS Enterprise. Este modelo constituye la base para generar vistas materializadas y facilitar el análisis de indicadores.

Figura No. 5. Modelo Entidad-Relación.



11.2.3 Diseño de Herramientas para Recolección y Visualización de Indicadores.

Diseño de Herramientas para la Recolección de Datos. Formularios diseñados en Survey123:

1. Formulario de Productividad: Con campo para adjunto (Excel).

Figura No. 6. Diseño formulario de productividad.



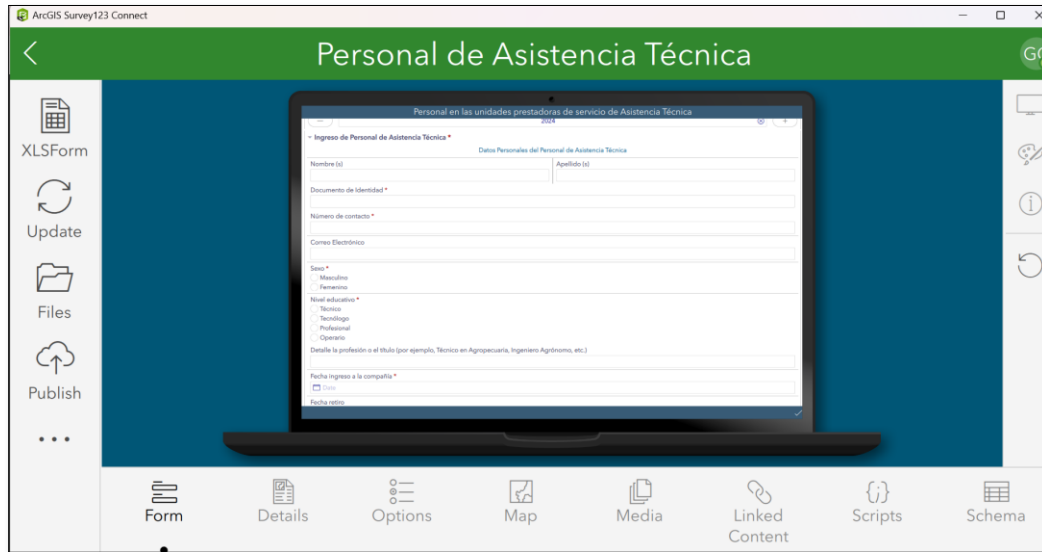
2. Formulario de Adopción de Tecnologías.

Figura No. 7. Diseño de formulario de adopción de tecnologías



3. Formulario de Asistencia Técnica:

Figura No. 8. Diseño formulario de asistencia técnica



Diseño en ArcGIS Dashboards.

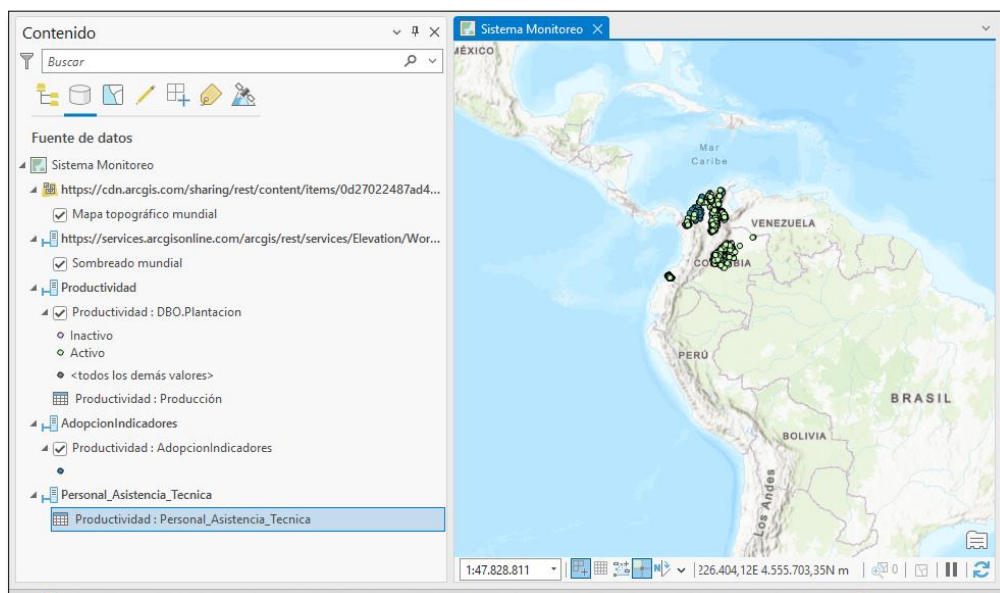
1. Tablero del Núcleo: Con filtros por año y escala de productor.
2. Tablero Nacional: Con comparativa de indicadores nacionales.
3. Tablero Interno: Con filtro de "Núcleo" solo para extensionistas.

11.3 Implementación del Sistema

11.3.1 Implementación de la Base de Datos.

Creación de Tablas. Mediante ArcGIS Pro y sincronizadas con SQL Server Management Studio. Tablas principales: Productividad, Adopcion_Tecnologias, Asistencia_Tecnica.

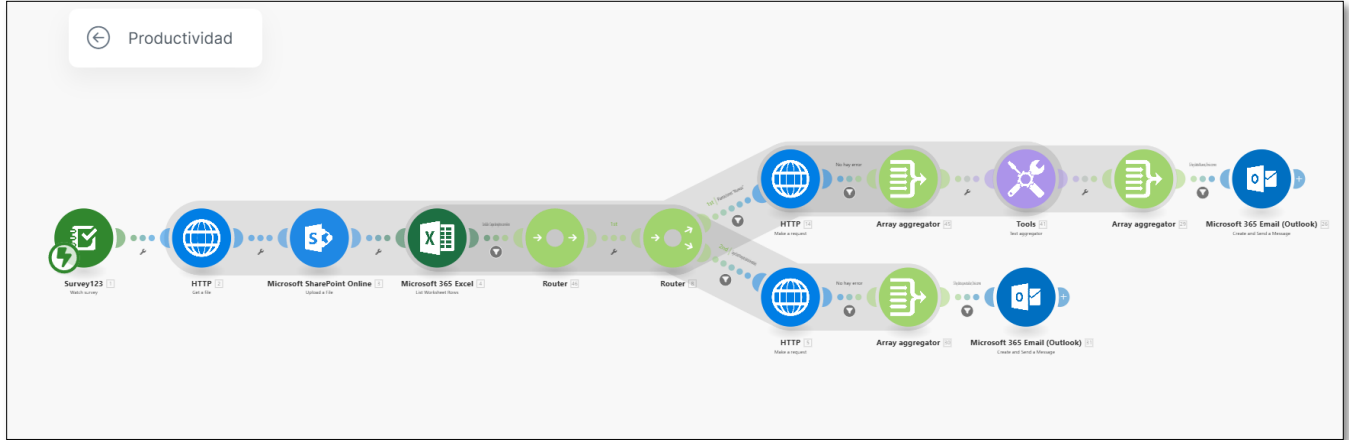
Figura No. 9. Tablas creadas para los módulos de información.



11.3.2 Automatización del Cargue de Datos e Indicadores.

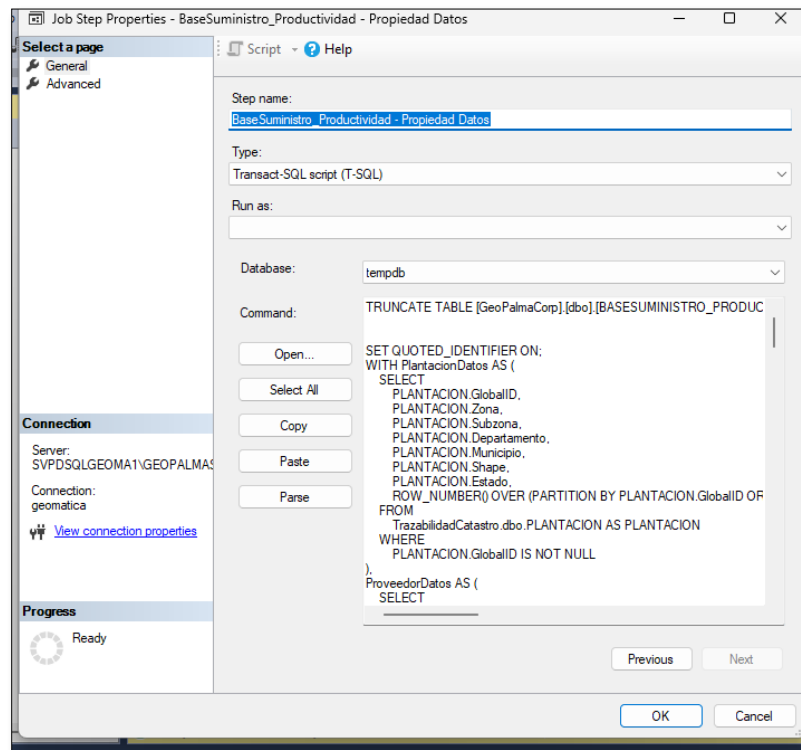
Integración mediante MAKE (Integromat).

Figura No. 10. Flujo de trabajo automatizado en MAKE.



Job automático en SQL Server (Job_Productividad):

Figura No. 11. Job módulo de productividad.



11.3.3 Creación de Tableros de Control en ArcGIS Dashboards.

Tablero del Núcleo: Con filtros por año y escala de productor.

Figura No. 12. Tablero de control núcleo - Productividad.

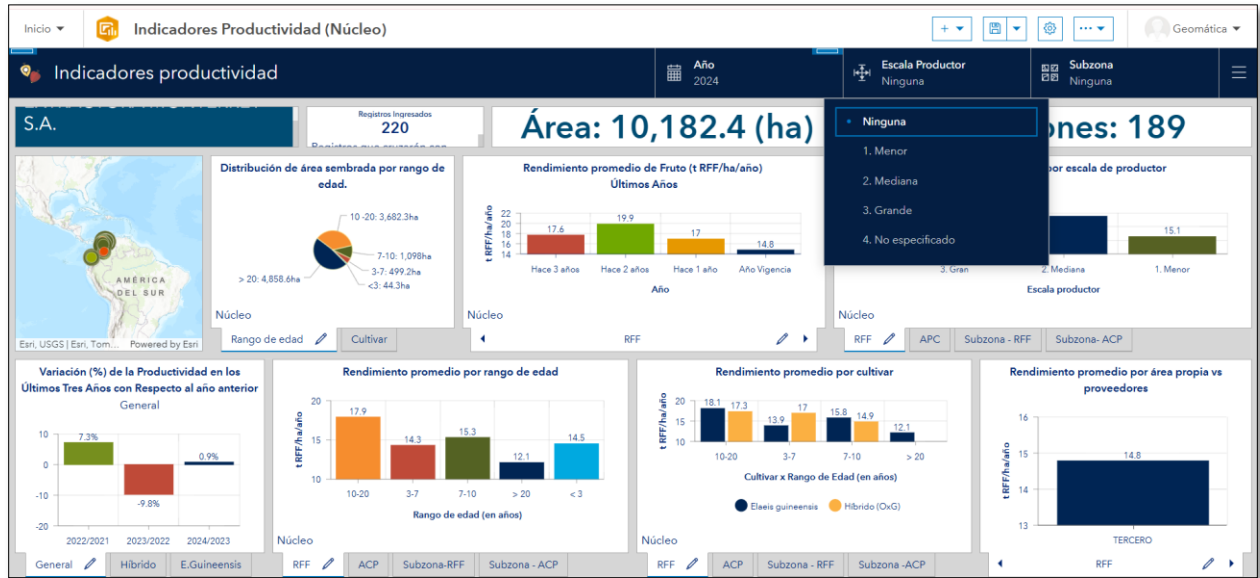


Figura No. 13. Tablero de control núcleo - adopción de tecnologías.

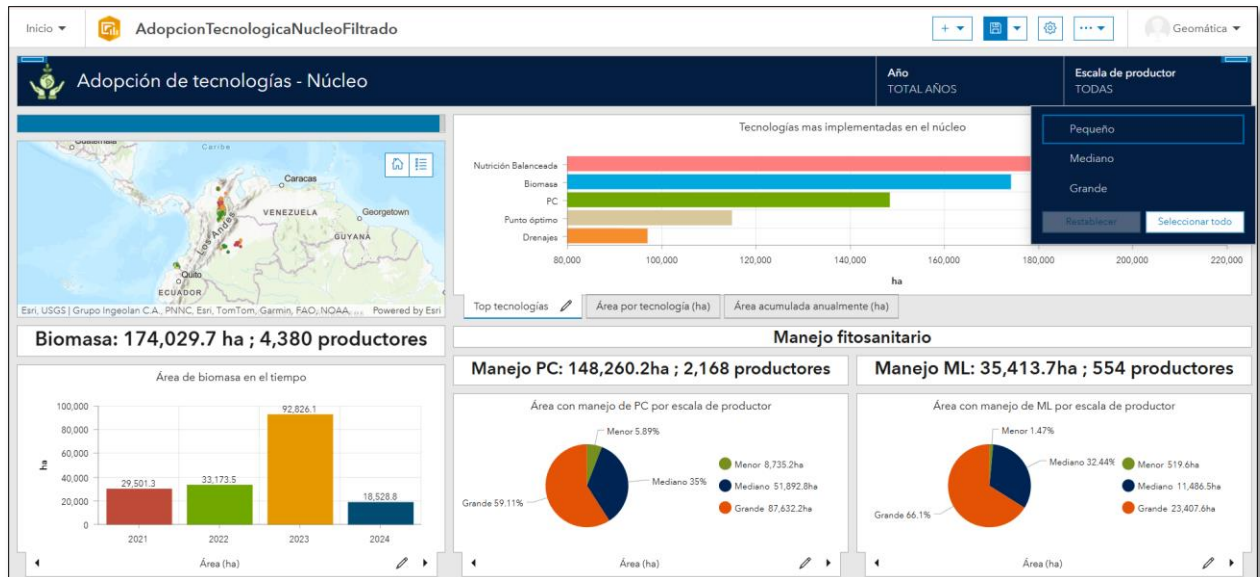


Figura No. 14. Tablero de control núcleo - Personal asistencia técnica.



Tablero Nacional: Con comparativa de indicadores nacionales.

Figura No. 15. Tablero nacional - Productividad.

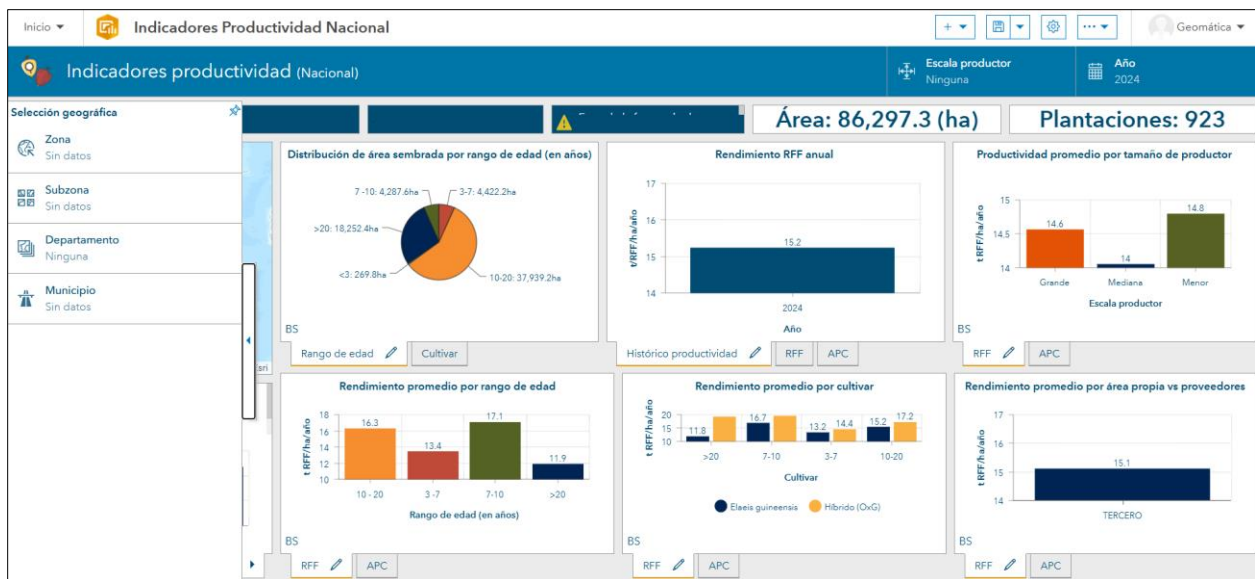


Figura No. 16. Tablero de control nacional - adopción de tecnologías.

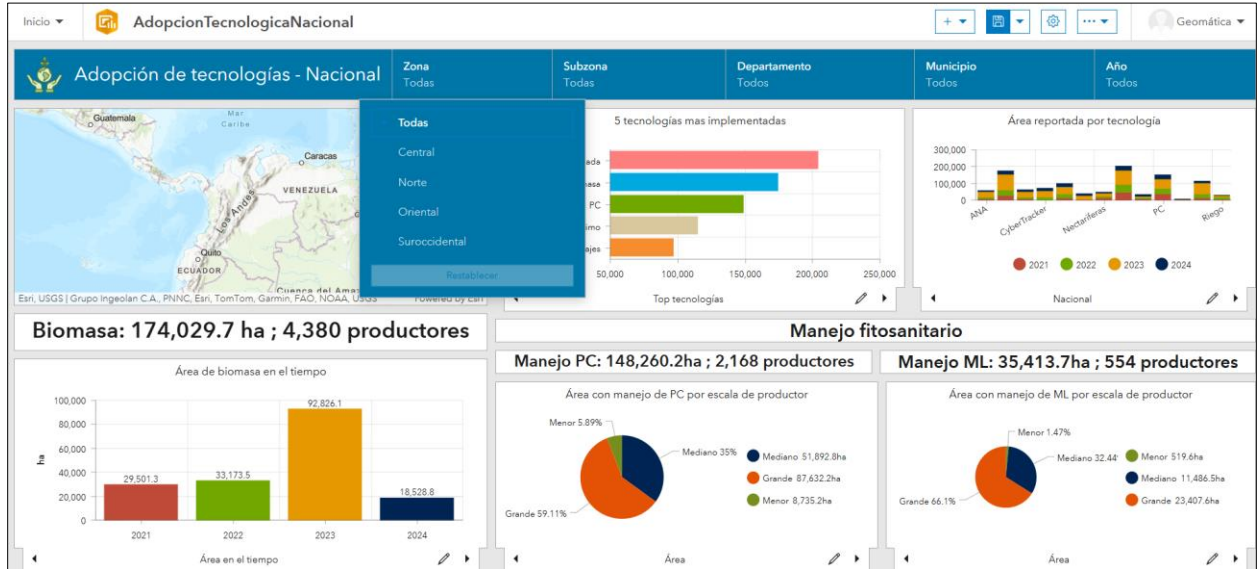


Figura No. 17. Tablero de control nacional - personal de asistencia técnica.



Tablero Interno: Con filtro de "Núcleo" solo para extensionistas.

Figura No. 18. Tablero interno - Productividad.

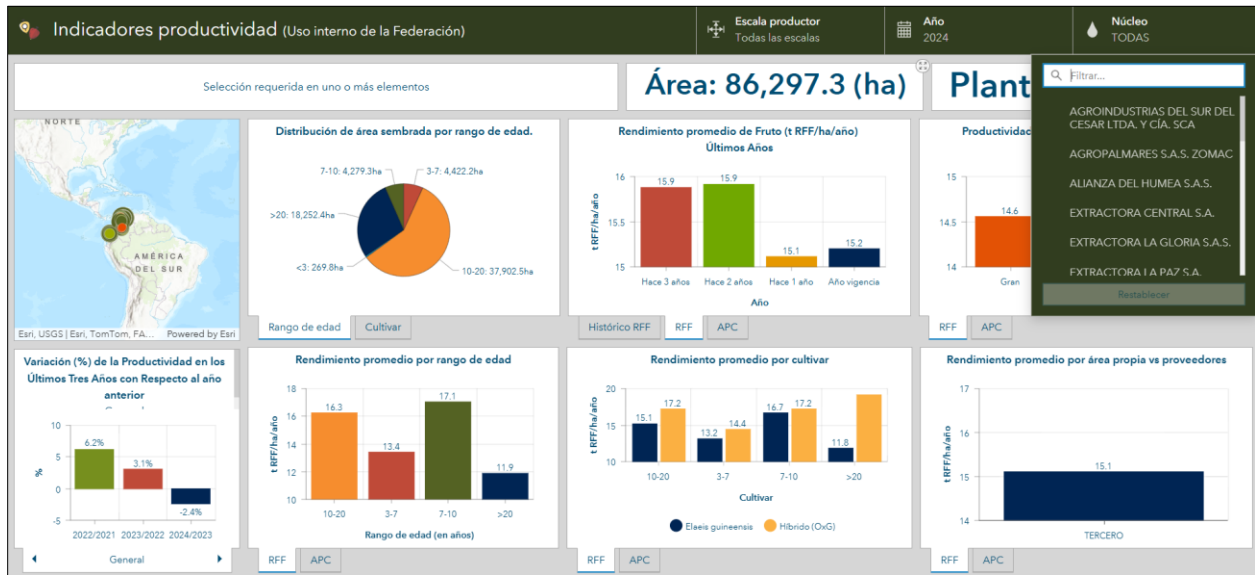


Figura No. 19. Tablero interno - Adopción tecnologías.

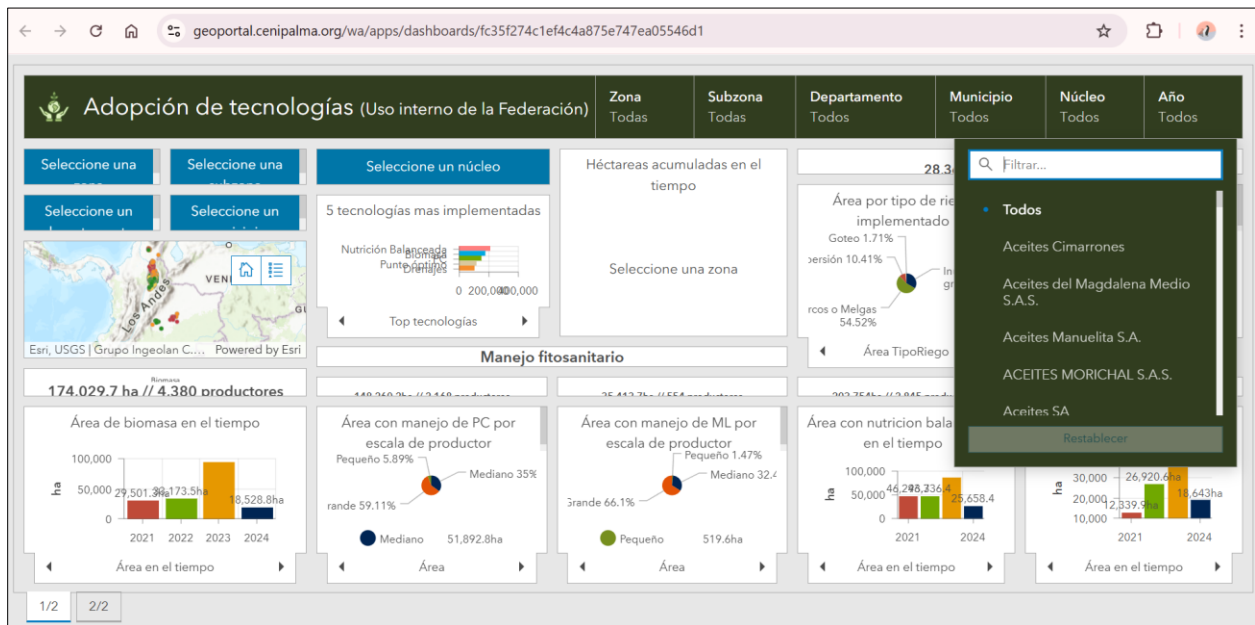
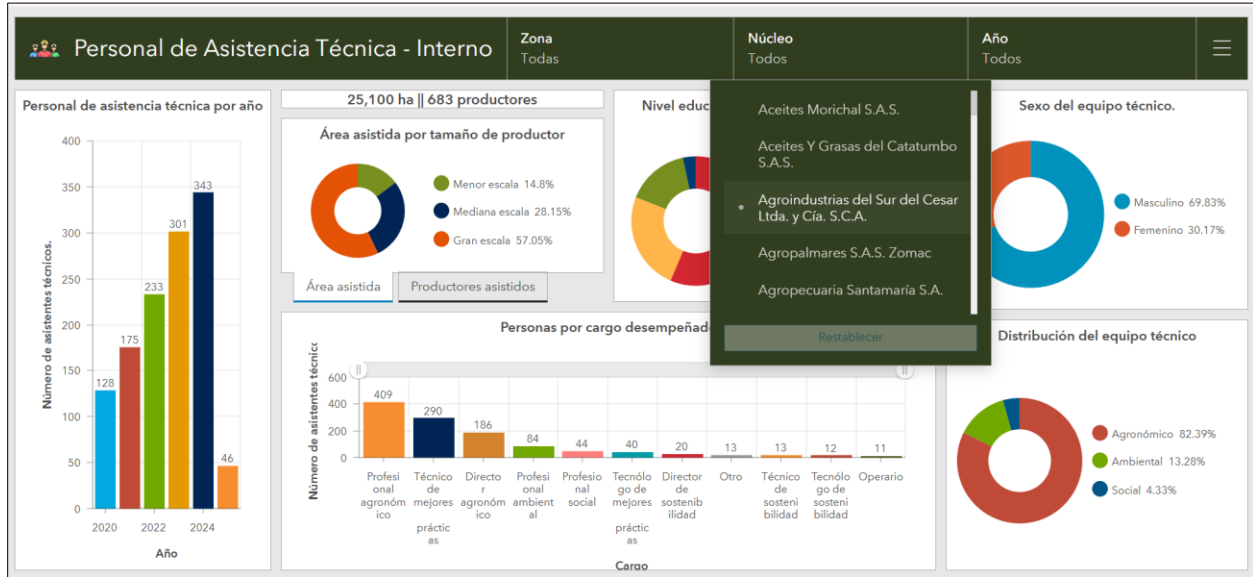


Figura No. 20. Tablero interno - Personal de asistencia técnica.



11.3.4 Creación de sites: SMEAT.

Figura No. 21. Inicio en sites de ArcGIS - núcleo.

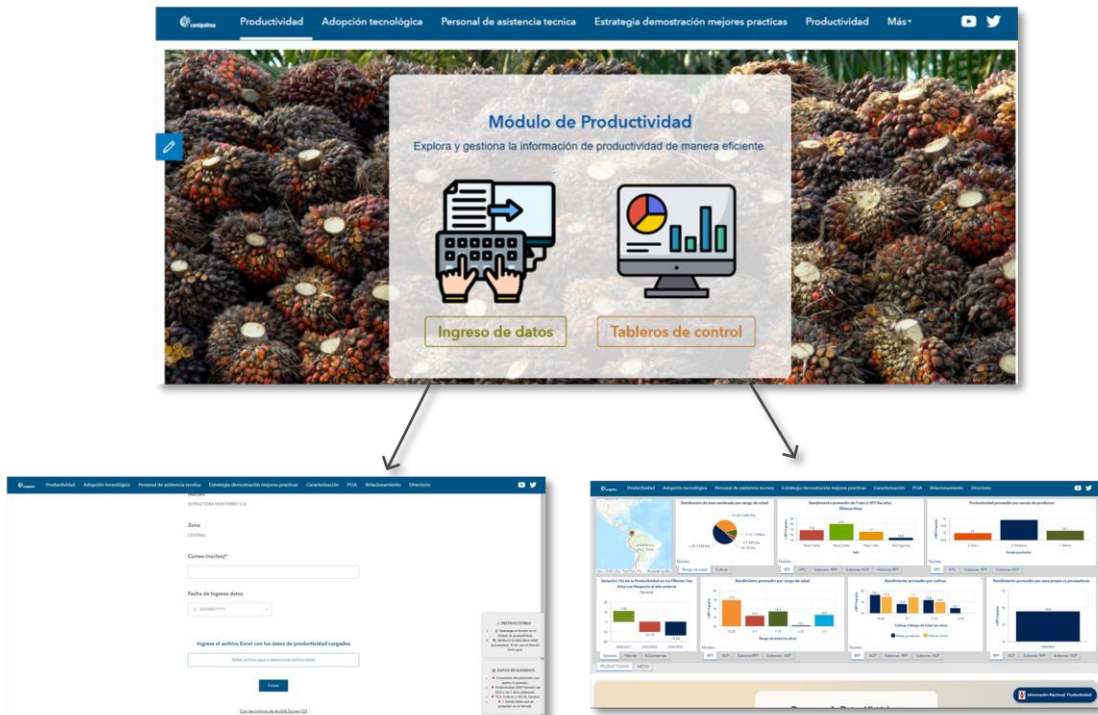


Figura No. 22. Inicio en sites de ArcGIS - Extensionista.

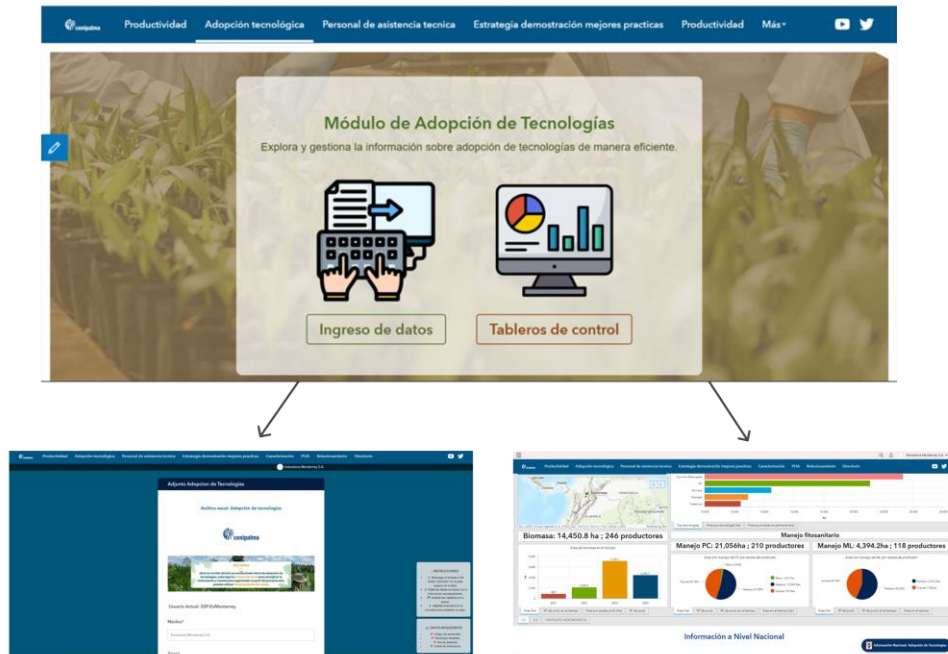


Página de Productividad: Con formulario y tablero.

Figura No. 23. Página de productividad - núcleo.

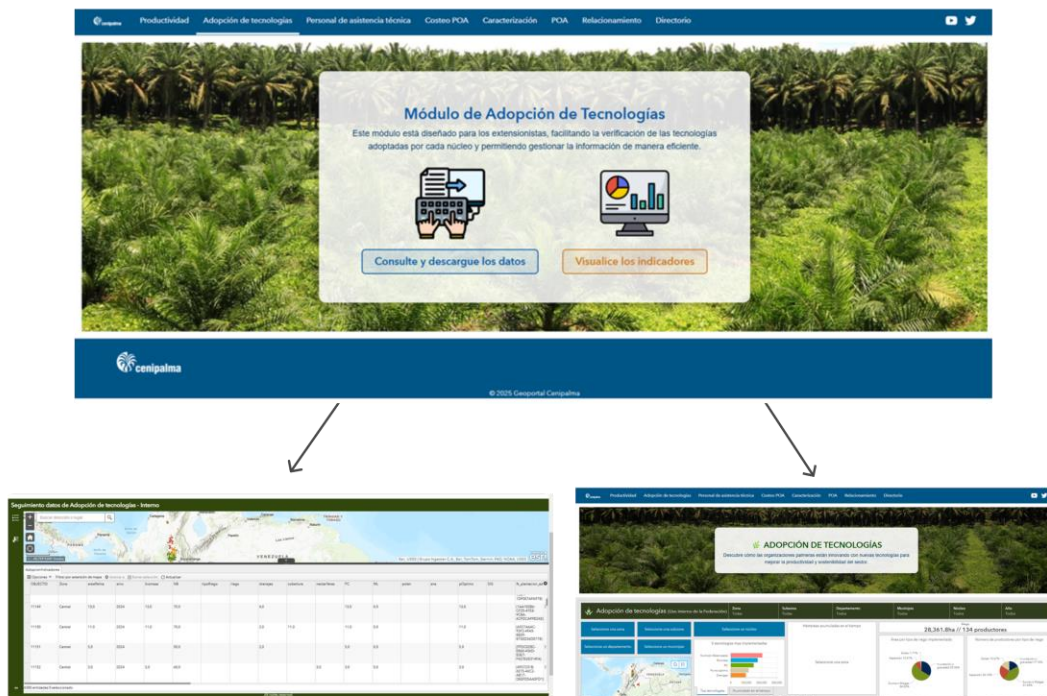


Página de Productividad: Con seguimiento de datos y tablero.



Página de Adopción de Tecnologías: Con seguimiento de datos y tablero.

Figura No. 26. Página de adopción de tecnologías - extensionista.



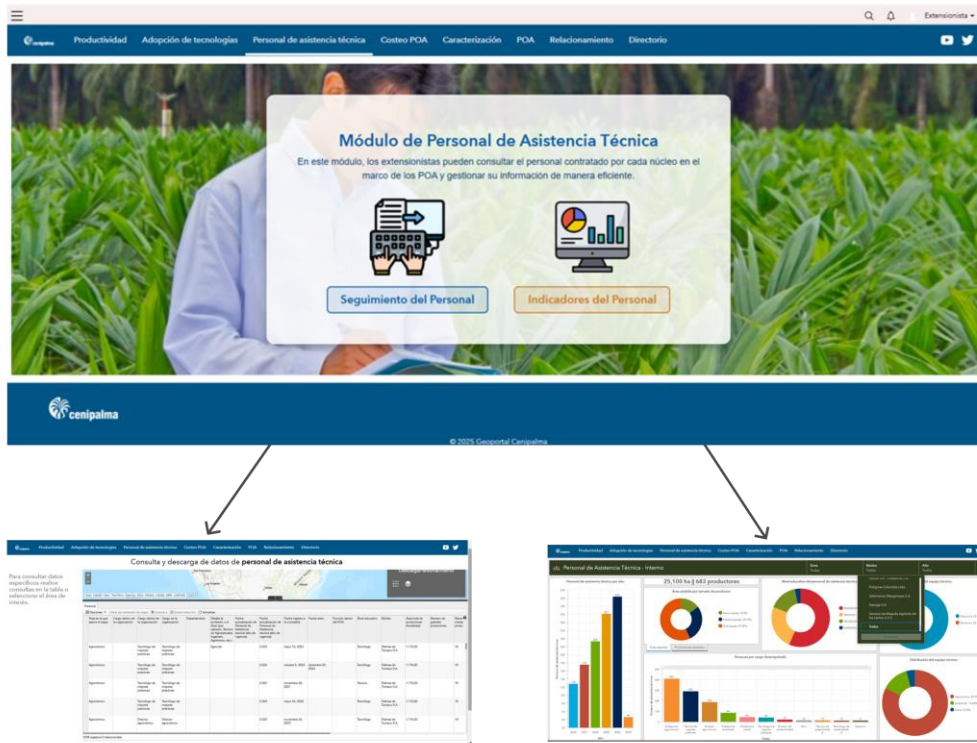
Página de Asistencia Técnica: Con formulario y tablero.

Figura No. 27. Página personal de asistencia técnica- núcleo.



Página de Asistencia Técnica: Con seguimiento de datos y tablero.

Figura No. 28. Página personal de asistencia técnica- extensionista.



12. Discusión de los Resultados

Efectividad del sistema de monitoreo

En general el sistema de monitoreo a los servicios de extensión y asistencia técnica se ha empezado a implementar por parte de los núcleos y ha demostrado ser efectivo para centralizar la información clave relacionada con la productividad de las plantaciones, adopción de tecnologías y personal de asistencia técnica. Esto ha permitido que los núcleos palmeros cuenten con una herramienta accesible y eficiente para gestionar los datos. Este hallazgo respalda la necesidad de contar con un sistema que simplifique la recolección, actualización y visualización de indicadores.

Esta centralización de la información ha permitido internamente desde Cenipalma optimizar el relacionamiento de estos datos con las bases de datos, mejorando la eficiencia del proceso y reduciendo el riesgo de errores o pérdidas de datos.

Actualización de la información por parte de los núcleos palmeros

Los módulos que se han incorporado al sistema facilitan la actualización de datos de manera sencilla y directa. Esto ha sido clave para que los núcleos mantengan la información actualizada, lo que mejora la calidad de los datos y, por ende, las decisiones que se pueden tomar a partir de ellos.

Es importante considerar que, aunque se ha logrado el objetivo de facilitar la actualización de datos, es esencial resaltar que este éxito depende de la participación activa y compromiso constante de los núcleos palmeros. La actualización continua no solo se ve como una tarea técnica, sino también como un proceso colaborativo que requiere un esfuerzo conjunto entre los núcleos y la administración de Cenipalma. Para que los datos sean consistentes y de calidad, es necesario contar con una educación continua sobre la importancia de estos datos y el

soporte adecuado para superar posibles desafíos técnicos. Esto implica también ofrecer capacitación regular, así como apoyo técnico, para asegurar que los núcleos comprendan el uso adecuado de los módulos, lo que garantizará la correcta actualización y la calidad de la información a largo plazo.

Visualización y análisis de la información

La integración de diferentes herramientas como Make, Survey123 y Dashboard de ArcGIS ha mejorado la visualización y el análisis de los indicadores clave, permitiendo a los usuarios visualizar datos actualizados. Esto facilitará la toma de decisiones informadas y mejorará el seguimiento de los indicadores de manera más intuitiva y accesible.

optimización de la comunicación entre núcleos y Cenipalma

La implementación del sistema ha mejorado la comunicación entre los núcleos palmeros y administradores en Cenipalma, lo cual ha facilitado el intercambio de información relevante sobre los servicios de asistencia técnica, optimizando la coordinación y gestión de dichos servicios.

Si bien, los avances han sido importantes, la comunicación aún puede ser mejorada mediante el establecimiento de canales adicionales de retroalimentación entre los usuarios y los administradores.

Derivación de las expectativas iniciales

En algunos casos, los resultados obtenidos demostraron algunas desviaciones respecto a las expectativas iniciales. Por ejemplo, la integración de los módulos fue más exitosa de lo esperado en términos de usabilidad, pero surgieron algunos desafíos en la calidad de los datos iniciales aportados por los núcleos. Este desafío nos dio la oportunidad de fortalecer los procesos de recopilación de datos. La diferencia entre lo esperado y lo alcanzado se puede explicar por

diversos factores, como la falta de capacitación continua de los núcleos o en algunos casos la resistencia al cambio. Estos factores son importantes de considerar para la mejora continua del sistema.

13. Trabajos futuros.

El sistema de monitoreo implementado en este proyecto constituye una base sólida para el seguimiento y análisis de los servicios de extensión y asistencia técnica dentro de la industria de la palmiticultura. Sin embargo, existen áreas de oportunidad para fortalecer la plataforma y ampliar su capacidad de gestión, lo que permitirá una visión más integral y precisa del sector. Algunos de los trabajos futuros que podrían incluirse son los siguientes:

Integración de módulos adicionales de información

En el presente sistema se abordan módulos clave como Productividad, Adopción de Tecnologías y Personal de Asistencia Técnica. Para consolidar una visión más integral del núcleo palmero, sería beneficioso integrar otros módulos que permitan almacenar y gestionar información adicional relevante.

Implementación de herramientas predictivas

La incorporación de modelos predictivos sería una mejora significativa en el sistema, permitiendo a los núcleos anticipar resultados y tomar decisiones informadas basadas en patrones de comportamiento y tendencias históricas. Algunas posibles áreas de implementación incluyen:

Predicción de rendimientos: Utilizar algoritmos para prever los rendimientos de las plantaciones basándose en factores como clima, prácticas agrícolas y salud de las plantaciones, lo que ayudaría a gestionar mejor los recursos y optimizar la producción.

14. Conclusiones

El desarrollo del sistema de monitoreo en ArcGIS Enterprise, enfocado en la recolección, análisis y visualización de datos, permitió alcanzar los objetivos planteados. A continuación, se exponen las principales conclusiones del estudio, organizadas en hallazgos clave, aportes y oportunidades de mejora.

Identificación de Necesidades y Definición de Indicadores Clave

El análisis de las necesidades del sector palmicultor, especialmente de los núcleos palmeros y extensionistas, permitió identificar los indicadores clave para los módulos de productividad, adopción de tecnologías y personal de asistencia técnica.

Estos indicadores, definidos con base en la experiencia de Cenipalma y en estudios sectoriales, reflejan la importancia de factores como la asistencia técnica y la adopción de nuevas tecnologías para mejorar los rendimientos productivos. Su definición proporcionó una base sólida para construir un sistema orientado al monitoreo y análisis de resultados, alineado con las necesidades reales del sector.

Diseño de un Sistema de Monitoreo Adaptado al Usuario

El sistema fue diseñado considerando las prácticas de recolección de datos utilizadas por los núcleos palmeros, lo que permitió crear un estándar nacional de datos consensuado y práctico. Esta orientación al usuario garantizó que el sistema sea accesible, útil y alineado con las expectativas del sector.

Integración tecnológica y automatización eficiente

La integración de tecnologías como Survey123, Make, SQL Server y ArcGIS Dashboards permitió automatizar la recolección, validación y visualización de datos. Este sistema

centralizado no solo optimiza el flujo de información, sino que facilita su análisis en tiempo real, mejorando la toma de decisiones.

Contribución al sector palmicultor

El sistema desarrollado se constituye en una herramienta estratégica que:

- Mejora el seguimiento de los servicios de extensión y asistencia técnica.
- Facilita la toma de decisiones informadas a través de indicadores actualizados.
- Impulsa la estandarización de procesos de recolección de datos a nivel nacional.
- Promueve la sostenibilidad al incentivar el monitoreo y adopción de buenas prácticas.

15. Recomendaciones

Fortalecimiento de la capacitación en el uso del sistema de monitoreo: Se recomienda ofrecer capacitación continua y actualizaciones periódicas sobre el uso del sistema de monitoreo y las herramientas asociadas para asegurar que los usuarios puedan sacar el máximo provecho de la infraestructura disponible.

Fomento de la mejora continua en la recolección de datos: Es esencial que los datos recolectados sigan siendo validados y actualizados de manera constante para asegurar que el sistema se mantenga alineado con las necesidades y la evolución del sector. Se recomienda realizar auditorías periódicas de los datos ingresados para mantener su calidad y relevancia.

Promoción de la participación de los núcleos palmeros: Se recomienda fomentar la colaboración de los palmicultores con el sistema, asegurando que las prácticas de recolección de datos sean vistas como parte integral del proceso de mejora de la productividad. Incentivar su participación no solo ayudará a obtener información más precisa, sino que también fortalecerá su vínculo con los servicios de extensión.

Para maximizar la efectividad y robustez del sistema de monitoreo, se recomienda integrar nuevos módulos que aborden aspectos fundamentales, como el estado fitosanitario de los cultivos y las condiciones climáticas. Esta ampliación del sistema no solo enriquecería el análisis de los factores que inciden en la productividad, sino que también proporcionaría a los palmicultores herramientas adicionales para tomar decisiones informadas ante desafíos complejos

16. Referencias

Abdul, I., Wulan Sari, D., Haryanto, T., & Win, T. (2022). Analysis of factors affecting the technical inefficiency on Indonesian palm oil plantation. *Scientific Reports*, 12(1), 3381. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07113-7>

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. (2023, junio 13). *La palma de aceite, un sector agroindustrial que aporta 17% al PIB agrícola nacional*. Agronet. <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/La-palma-de-aceite,-un-sector-agroindustrial-que-aporta-17-al-PIB-agr%C3%ADcola-nacional.aspx>

Cenipalma. (2019). Informe de labores 2019. <https://fedepalma.org/wp-content/uploads/2024/02/capitulo-extension-2019.pdf>

Cenipalma. (2020). Lineamientos para la consolidación de la asistencia técnica palmera. Cenipalma. <https://www.cenipalma.org/wp-content/uploads/2020/04/lineamientos-consolidacion-asistencia-tecnica-palmera-2020-1.pdf>

Cenipalma, Fedepalma, & SENA. (2017). Mejores prácticas agroindustriales del cultivo de la palma de aceite en Colombia. <http://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/107723>

Decreto 3199 de 2002. Por el cual se reglamenta la prestación del Servicio Público Obligatorio de Asistencia Técnica Directa Rural previsto en la Ley 607 de 2000. 27 de diciembre de 2002. <https://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?id=1519316>

Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma). (2011). Fundamentos de extensión rural para transferencia y adopción de tecnología en el sector palmero (1ra ed.).

Bogotá, Colombia: Fedepalma. ISBN 978-958-8616-41-4.

<https://www.cenipalma.org/wp-content/uploads/2018/12/Cartilla-Fundamentos-.pdf>

García Castillo, Luis Alonso. (2023). Guía Regional de Sostenibilidad Ambiental para el Sector de Palma Aceitera en la Ecorregión del Arrecife Mesoamericano. Recuperado de

<https://www.cnpml-honduras.org/wp-content/uploads/2024/09/Guia-Palma-de-aceite-1.pdf>

Hinestroza Córdoba, A., & Baracald, J. L. (2022). ¿Cómo vamos en asistencia técnica y adopción de tecnología? *Revista Palmas*, 43(3), 108-114.

Hinestroza-C., A., et al. (2022). ¿Cómo vamos en asistencia técnica y adopción de tecnología? *Palmas*, 43(3), 108-114.

Jara-Rojas, R., Díaz, J., Manríquez, P., & Rojas, A. (2020). Adopción de tecnologías y estrategias de extensión en la agricultura familiar: El caso de los agricultores de verduras y bayas en Chile. *Agronomy*, 10(6), 692. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050692>

La Resolución 00132 de 2022 establece el Plan Nacional de Asistencia Integral Técnica en cumplimiento de los compromisos adquiridos en el Acuerdo Final para la terminación del conflicto (Resolución 00132 de 2022).

<https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/RESOLUCI%C3%93N%20NO.%20000132%20DE%202022.pdf>

Ley 607 de 2000. Art. 3. Por medio de la cual se modifica la creación, funcionamiento y operación de las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATA) y se reglamenta la asistencia técnica directa rural en consonancia con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. 2 de agosto de 2000. D.O. No. 44.113.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=43444>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2002). Decreto número 3199 de 2002 por el cual se reglamenta la prestación del Servicio Público Obligatorio de Asistencia Técnica Directa Rural previsto en la Ley 607 de 2000. Bogotá, D.C.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2007). Resolución número 140 de 2007: Por la cual se reglamenta el Incentivo a la Productividad para el Fortalecimiento de la Asistencia Técnica.

Mohd Suib, N. A. b., Salleh, N. H. M., Shukor, M. S., Chamhuri, N., Shahimi, S., Salleh, K. M., & Hashim, K. (2023). The influence of good agricultural practice (GAP) on the productivity and well-being of Malaysian sustainable palm oil (MSPO)-certified independent smallholders in Malaysia. *Agriculture*, 13(990).

<https://doi.org/10.3390/agriculture13050990>

Pasuquin, J. M., Cock, J., Donough, C. R., Oberthür, T., Rahmadsyah, Abdurrohman, G., Indrasuara, K., Dolong, T., & Cook, S. (2014). Changes in soil quality indicators under oil palm plantations receiving best management practices. *Better Crops with Plant Food*, 98(2), 13-16.

- Rabbi, M. F., Liza, Z. A., & Rahman, M. S. (2023). Capability enhancement of agricultural extension personnel through ICT interventions and its economic impact in Bangladesh. *Economic Affairs*, 68(04), 1937-1945. <https://doi.org/10.46852/0424-2513.4.2023.5>
- Resolución 00140 de 2007. Por la cual se reglamenta el Incentivo a la Productividad para el Fortalecimiento de la Asistencia Técnica. 13 de junio de 2007. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/col76150.pdf>
- Resolución No. 000132 de 2022. (2022). Plan Nacional de Asistencia Integral Técnica, Tecnológica y de Impulso a la Investigación. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- SENA, & Fedepalma. (2017). Mejores prácticas agroindustriales del cultivo de la palma de aceite en Colombia (2da ed.). [Convenio Especial de Cooperación N° 118].
- Woittiez, L. S., van Wijk, M. T., Slingerland, M., van Noordwijk, M., & Giller, K. E. (2018). Brechas de rendimiento en el cultivo de palma de aceite: una revisión cuantitativa de factores determinantes. *Palmas*, 39(1), 16–68. Recuperado a partir de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/12400>
- Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, F. (2024-05-27.). La palma de aceite en Colombia: cifras a diciembre 2023. Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma.. <https://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/142883>

Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. (2024, agosto 6). *La palma de aceite en la Zona Norte en 2023*. Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma). <https://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/142915>

Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. (2024, agosto 6). *La palma de aceite en la Zona Central en 2023*. Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma). <https://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/142916>

Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. (2024, agosto 6). *La palma de aceite en la Zona Suroccidental en 2023*. Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma). <https://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/142918>

Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. (2024, agosto 6). *La palma de aceite en la Zona Oriental en 2023*. Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma). <https://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/142917>