



**Informe de Prácticas Profesionales como
Opción de Grado**



**TELEDETECCIÓN ADAPTATIVA Y APLICADA PARA LA DETERMINACIÓN
DEL ESTADO HÍDRICO EN EL CULTIVO DE LA PALMA DE ACEITE COMO
RESPUESTA A LOS EFECTOS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN
AGUSTÍN CODAZZI, CESAR**

PRESENTADO POR:

Andrés Felipe Cantillo Olaya

Código:

2017111012

PRESENTADO A:

MARLON DE LA PEÑA CUAO
Tutor de prácticas profesionales

ANDREA ZABALA QUIMBAYO
Jefe inmediato empresa

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ING. AGRONÓMICA**

Fecha de entrega: 13/02/2023



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



Contenido

1.	PRESENTACIÓN	3
2.	OBJETIVOS Y/O FUNCIONES	5
2.1.	Objetivo General:.....	5
2.2.	Objetivos Específicos:	5
2.3.	Funciones del practicante en la organización:.....	5
3.	JUSTIFICACIÓN:	6
4.	GENERALIDADES DE LA EMPRESA:	7
5.	SITUACIÓN ACTUAL.....	11
6.	BASES TEÓRICAS RELACIONADAS	13
7.	DESARROLLO DE ACTIVIDADES:	15
8.	CRONOGRAMA	18
9.	CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS	19
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	21
11.	ANEXOS	23



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



1. PRESENTACIÓN

Elaeis guineensis, más conocida como palma africana o aceitera, es originaria de la costa del Golfo de Guinea en África Occidental. La palma africana fue introducida al continente americano en el siglo XVI y posteriormente en el departamento del Magdalena en 1945 por la United Fruit Company. En Colombia este cultivo tiene la capacidad de adaptarse a diferentes ambientes agroclimáticos permitiendo el desarrollo socioeconómico en un amplio espectro de regiones, incluso en condiciones adversas. Esto debido a la elevada demanda de mano de obra en su cultivo y procesamiento. Cabe destacar que Colombia se ha convertido en uno de los mayores productores de esta planta oleaginosa, siendo la cuarta a nivel mundial y la primera en Latinoamérica (Gallo et al, 2020).

En Colombia, las plantaciones de palma se encuentran ubicadas en cuatro zonas: oriente, centro, norte y suroccidente. De estas cuatro zonas, la zona Oriental tiene la mayor producción de aceite de palma y la mayor extensión de terreno destinado a la siembra de esta planta, la cual representó cerca del 41% de la producción total para el año 2019. Sin embargo, la frecuencia con la que se están presentando los Fenómenos del Niño y de la Niña, que en épocas pasadas era cada 5 o 7 años, ahora son más frecuentes debido al cambio climático, constituyendo una señal de alarma que requiere una mayor investigación.

La agricultura es susceptible a los efectos del cambio climático, pero al mismo tiempo es la causante de emisiones de gases de efecto invernadero que lo agravan. Colombia está tomando medidas concretas para avanzar en la prevención de los efectos del cambio climático. Una de estas iniciativas es el trabajo del CIAT en el convenio "Clima y sector agropecuario colombiano, adaptación para la sostenibilidad productiva". El objetivo de este convenio es investigar y aplicar soluciones que permitan fortalecer la capacidad de adaptación del sector agropecuario a la variabilidad climática y formular medidas de mitigación para tener una agricultura sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Con estas acciones, Colombia está demostrando su compromiso con la sostenibilidad y la prevención de los efectos negativos del cambio climático en su territorio.

En este trabajo se presenta una metodología para el manejo integrado del cultivo de palma de aceite. La metodología se basa en la utilización de técnicas de teledetección que permitirán mejorar la productividad y sostenibilidad de la industria de palma de aceite a través de fortalecimiento de la disponibilidad de datos hídricos y climáticos. Esto se lleva a cabo en el marco del proyecto "Tecnologías de Adaptación de la Palma de Aceite al Cambio Climático (TAPACC)", que cuenta con recursos del Sistema General de Regalías del departamento del Cesar y está respaldado por el Convenio de Ciencia y Tecnología 2019 02 133. Los objetivos del



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



proyecto incluyen generar dos productos principales: la teledetección aplicada al uso eficiente del agua, a través del cálculo del balance hídrico y del índice de estrés hídrico del cultivo, y la implementación de un piloto para el control automatizado de un sistema de riego por aspersión, que será llevado a cabo por el área de investigación en Geomática del Programa de Agronomía de Cenipalma (Zabala et al, 2022).

Por lo anterior, las prácticas fueron enfocadas en el desarrollo de un experimento con 4 tratamientos en diferentes condiciones, así:

Tratamiento 1: Estrés hídrico por déficit. 50 lts/palma/día.

Tratamiento 2: Estrés hídrico por déficit. 150 lts/palma/día.

Tratamiento 3: Riego ideal. 350 lts/palma/día.

Tratamiento 4: Estrés hídrico por exceso. 600 lts/palma/día.

Se espera con estos resultados brindar información confiable y precisa sobre la mejor estrategia para darle un uso eficiente y razonable al agua, teniendo en cuenta las condiciones ambientales de la región y la variabilidad genética que abunda en el cultivo de la palma aceitera.



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



2. OBJETIVOS Y/O FUNCIONES

2.1. Objetivo General:

Mejorar la productividad y sostenibilidad de la industria de palma de aceite a través de fortalecimiento de la disponibilidad de datos hídricos y climáticos con el uso de técnicas de teledetección.

2.2. Objetivos Específicos:

- Implementar un plan de seguimiento regular para supervisar y evaluar el funcionamiento de los equipos de monitoreo de clima, suelo y planta.
- Proporcionar apoyo para la captura, registro y alistamiento de datos de campo relacionados con el estado hídrico del cultivo.

Funciones contempladas en el contrato:

1. Apoyar la captura, registro y alistamiento de datos de muestreos de campo asociados al cultivo de palma de aceite.
2. Apoyar el procesamiento de datos y generar información asociada a las labores del cultivo de palma de aceite.
3. Apoyar la instalación, operación y mantenimiento de los equipos del área de Geomática Cenipalma asociados al proyecto TAPACC.
4. Garantizar la integridad, calidad y condiciones requeridas de la información asociadas al proyecto TAPACC.



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



3. JUSTIFICACIÓN:

Las técnicas tradicionales para determinar la variabilidad en los regímenes de humedad de los cultivos dan como resultado una inversión significativa de personal y equipos. Además, los estrictos procedimientos regulatorios han afectado la adopción e implementación de estas técnicas en la agricultura. Por ello, con las últimas tendencias tecnológicas, este proyecto de investigación ha venido trabajando para adaptar técnicas de teledetección que ayuden a determinar la variabilidad espacial del estado hídrico a escala de lote en el cultivo de palma de aceite (Zabala et al, 2022). En este sentido, se trabaja en cuatro ámbitos: 1) aseguramiento de las tecnologías adecuadas al cultivo específico; 2) generación de pronósticos confiables; 3) manejo específico por sitio, mediante la combinación de variedades y tecnologías; y 4) búsqueda de la eficiencia en el manejo de recursos como el agua, mejoramiento de la huella de carbono y reducción de emisiones.

La ejecución de este proyecto puede estar sentando las bases para que no solo se apliquen estas tecnologías en el cultivo de la palma de aceite, si no en cualquier cultivo y en el cualquier lugar del mundo. La adaptación de las nuevas tecnologías puestas a prueba en el proyecto es muy importante para la toma de datos agroclimatológicos de una zona en específico, ya que con estas se afianza el conocimiento y fortalecen las bases de datos para los pronósticos climáticos y edafoclimáticos del cultivo. Esto puede llevar a obtener un mejor y más completo manejo integrado del cultivo de la palma de aceite, siendo dinámico y adaptativo ante el cambio climático.

El proyecto busca principalmente: 1) la determinación de los requerimientos hídricos del cultivo; 2) la cuantificación del flujo de carbono y agua (mediante la técnica Eddy Covariance). La cuantificación de la huella de carbono cierra la fase de recopilación de información, dando paso a un enfoque de análisis de ciclo de vida para abordarla y evaluar otros impactos ambientales a largo plazo. A lo largo de los años, los expertos en el campo de la investigación vegetal han observado que la relación entre el clima y la palma aceitera es compleja. Sin embargo, en este cultivo se encuentran oportunidades de sinergia, donde puede contribuir tanto a la reducción de los efectos del cambio climático como a su fortalecimiento ante los desafíos que plantea (El Palmicultor, 2014).

4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA:

De acuerdo con la página web de CENIPALMA (Cenipalma, 2019a), encontramos las siguientes generalidades:

La Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma) existe para apoyar a los palmicultores en la defensa de sus intereses y el logro de la competitividad de una agroindustria oleaginosa que transforma la calidad de vida de las comunidades que la acogen y promueve el progreso y el bienestar. Representa fielmente los intereses de sus asociados como es su papel irrenunciable, y está destinada a satisfacer sus necesidades inclusive más allá de sus expectativas. Creada en 1962, Fedepalma está conformada por pequeños, medianos y grandes cultivadores de palma de aceite, quienes operan a escala empresarial, asociativa incluyendo alianzas estratégicas, o individual, al igual que por extractores de aceite de palma. Como organización que agrupa y representa a la mayoría de la palmicultura colombiana, Fedepalma brinda interesantes oportunidades de interacción gremial, información económica y comercial actualizada, gestión ambiental y social, promoción de proyectos de valor agregado, y fomento de la asistencia técnica para sus afiliados, entre otros. Además de trabajar por la competitividad y la sostenibilidad del sector palmero colombiano, Fedepalma administra los fondos parafiscales palmeros (Fondo de Fomento Palmero y Fondo de Estabilización de Precios para el Palmiste, el Aceite de Palma y sus Fracciones), promueve el desarrollo económico y social en las zonas de influencia y promociona la imagen del sector.

Los palmicultores de Colombia, reunidos en el XVIII Congreso Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, tomaron la decisión de crear su propio centro de investigación y fue así como en 1990 se gestó la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, que inició su vida jurídica el 1 de enero de 1991, como una corporación de carácter científico y técnico, sin fines de lucro.

Misión

Generar, adaptar, validar y transferir conocimientos y tecnologías que contribuyan a la sanidad del cultivo y a la productividad, sostenibilidad y competitividad de la agroindustria de la palma de aceite. está definida como: Con ciencia, tecnología e innovación impulsamos el desarrollo sostenible de la agroindustria y el bienestar de los palmicultores colombianos.



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



Visión

Cenipalma es un centro de investigación líder, de excelencia, reconocido nacional e internacionalmente, con enfoque estratégico y prospectivo, dedicado a la generación y transferencia de tecnologías, procesos y productos de interés para el sector palmero colombiano.

Ubicación

Según Fedepalma (2016), El centro de investigación Cenipalma consta de 3 sedes principales y 4 regionales.

Las sedes principales se encuentran ubicadas en BOGOTÁ, COLOMBIA:

- Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Carrera 10ª No. 67 A – 44.
- Cenipalma (Unidad de Servicios Compartidos), Calle 20 A No. 43 a – 50, Pisos 2 y 4.
- Sede Laboratorios, Calle 21 o Calle 21 No. 42 – 55.

El centro de investigación cenipalma hace presencia regional en las 4 zonas palmeras del País

- Centro Experimental Palmar de la Vizcaína (Zona Central) ubicada en el Km. 32 Vía la Lizama, Corregimiento Peroles, Troncal del Magdalena Medio.
- Centro Experimental Palmar de Las Corocoras (Zona Oriental) Km. 5 Vía Paratebueno – Cabuyaro, Municipio de Paratebueno, Cundinamarca.
- Centro Experimental Suroccidental, Finca La Providencia o Ubicada a 4 kilómetros desde Tangareal, en la vía Tumaco - Pasto por la carretera hacia Imbili Río Mira.
- Centro Experimental El Palmar de la Sierra (Zona Norte), ubicada en Km. 66 Vía Santa Marta – Fundación, Troncal del Oriente en el municipio de Zona Bananera, Magdalena.



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



Figura 1. Rutas de acceso a Campo Experimental Palmar de la Sierra-Zona Norte.



Figura 2. Ubicación Campos Experimentales.

Cenipalma aporta al crecimiento científico del país, vinculando aprendices SENA, pasantes, como también estudiantes de maestría de las diferentes universidades y corporaciones. Posee un equipo multidisciplinario e innovador de alrededor de 400 profesionales entre investigadores, administrativos, tecnólogos y personas dedicadas al apoyo de actividades de investigación, extensión, en campo y laboratorio. En sus 31 años de trayectoria en investigación, tecnología e innovación y con su compromiso de entregarle a los palmicultores nuevas tecnologías para contribuir en la sostenibilidad económica, social y ambiental del cultivo de palma de aceite, se ha fortalecido en cuatro programas: Biología y mejoramiento, Plagas y enfermedades, Agronomía y Procesamiento y Usos. De los cuales están compuestos por áreas, con el fin de realizar un trabajo complementario para suplir problemáticas de nutrición, de mejoramiento, de enfermedades como la pudrición del cogollo (PC) y la marchitez letal (ML), de plagas, de calidad y demás aspectos. Han publicado a través del tiempo una serie de hallazgos que están documentados en el Centro de Información y Documentación Palmero (CID palmero): <https://cidpalmero.fedepalma.org/> donde atienden las diferentes necesidades que manifiesten los productores en aras a ser una palmicultura altamente competitiva, por lo que comprende un portal de revistas, catalogo en línea, artículos científicos, notas técnicas, afiches, guías de bolsillo, libros, boletines y demás recursos web de la Federación.



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado

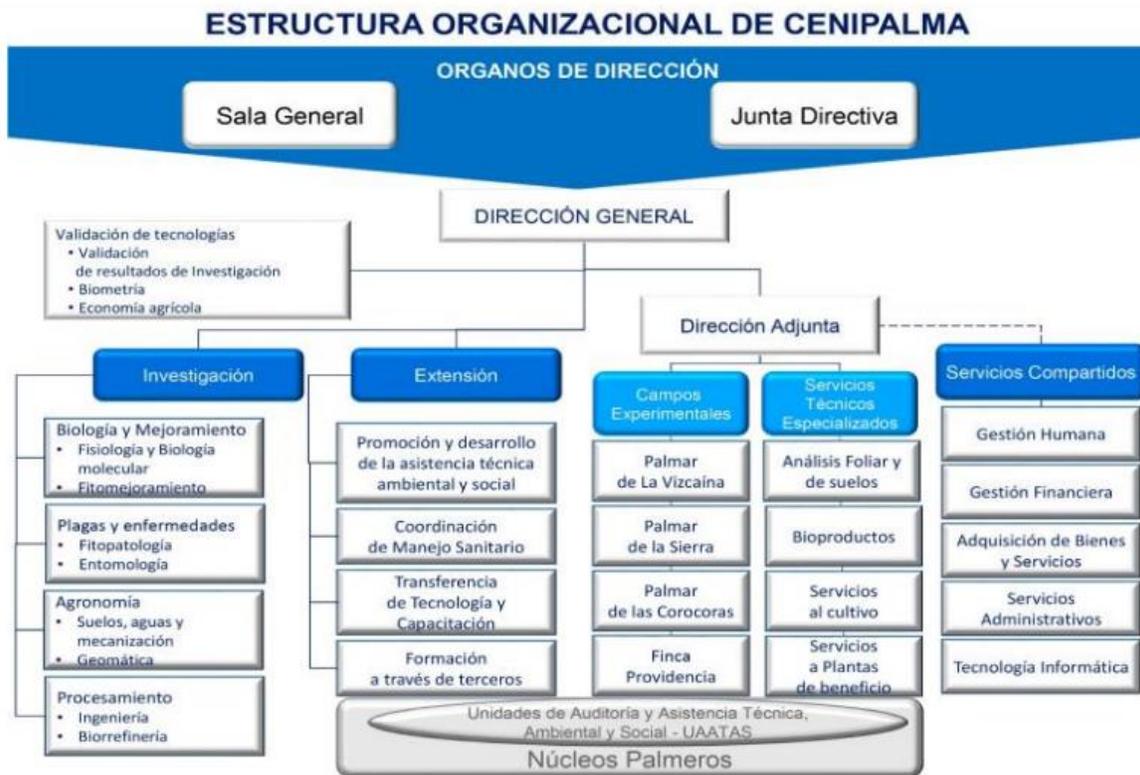


Figura 3. Estructura organizacional de Cenipalma. Según Cenipalma (2019b).



5. SITUACIÓN ACTUAL

Fedepalma y Cenipalma con la ayuda del fondo de fomento palmero desde siempre se ha interesado en hallar las mejores técnicas para explotar racionalmente el cultivo de palma aceitera priorizando la transferencia de conocimiento y tecnologías en pro del manejo de prevención y tratamiento de plagas, malezas y enfermedades. Sin embargo, Cenipalma como centro de investigación en el cultivo de la palma de aceite y el cual cuenta con diferentes sedes y ramas de investigación, se vio en la necesidad de integrar en una sus sedes la rama de suelos y aguas para el estudio en el uso eficiente del agua de riego en la zona la cual más sufre por este preciado líquido. Es así como se crea el centro experimental palmar de la sierra, ubicado en la zona norte colombiana. Este centro cuenta con dos laboratorios especializados: uno dedicado a la investigación de insectos y plagas que atacan la palma, y otro de fitopatología. Adicionalmente, cuenta con salones de recepción a productores, oficinas para el equipo investigador y más de 50 hectáreas para la investigación.

La palma de aceite es un cultivo que se cultiva en las orillas de los ríos debido a sus requerimientos específicos de crecimiento, como una gran cantidad de agua, temperatura adecuada y buena iluminación. Las mejores producciones se obtienen en áreas donde la lluvia es regular y abundante durante la mayor parte del año, lo que resulta en un buen rendimiento siempre y cuando los demás factores mencionados también sean favorables y la fertilidad del suelo no se convierta en un factor limitante (Nuñez, 2014).

Además de su alta producción por unidad de área, la palma de aceite es valiosa debido a la amplia gama de productos y subproductos que produce. Estos incluyen aceite de palma y almendra, que se utilizan en la fabricación de margarina, manteca, aceite de mesa y cocina, y jabones (Ministerio, de agricultura y ganadería, 2011).

Para determinar cuánta agua requiere un cultivo de palma de aceite, es necesario llevar un registro preciso de los ingresos y gastos de agua y comprender las necesidades del cultivo. Este es un aspecto clave en el que esta importante institución se especializa. Las entradas de agua incluyen la lluvia y el riego, mientras que las salidas incluyen el agua que se absorbe, transpira, evapora del suelo y fluye en las corrientes subterráneas (Datateca, 2011). Por esta razón, cuando las condiciones de lluvia no son suficientes para satisfacer las necesidades diarias de agua del cultivo de palma de aceite, se debe proporcionar riego adicional. Este es el caso común en zonas con baja precipitación a lo largo del año, como en el Norte de Colombia (Ministerio, de agricultura y ganadería, 2011). Sin embargo, una falta de suministro hídrico adecuado en el cultivo de palma de aceite presenta grandes riesgos, los cuales pueden tener efectos negativos como el aumento en la



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



necesidad de fertilizantes, un mal aprovechamiento de ellos, una reducción en la resistencia a enfermedades, lo que puede resultar en pérdidas económicas.

Dicho lo anterior y como parte de mi práctica profesional, se realizó seguimiento del efecto causado por el estrés hídrico ya sea por exceso o déficit, el cual puede ocasionar disminución en el peso y número de racimos de la palma de aceite.



6. BASES TEÓRICAS RELACIONADAS

Las siguientes asignaturas tuvieron un valor muy importante para lograr comprender mis actividades realizadas durante el proceso de prácticas:

- 1. Ética profesional:** La ética es una disciplina filosófica que se enfoca en el compromiso de actuar de manera moral y justa, buscando el bienestar de la sociedad y el bien común. Se encarga de estudiar los comportamientos éticos de los individuos y los grupos, así como las normas y reglas que rigen la conducta moral en una comunidad determinada. La importancia de la ética es fundamental en la formación integral de un profesional, ya que debe ser un valor presente en todas las situaciones y decisiones que se tomen.
- 2. Riegos y drenajes:** Me permitió identificar el papel importante que cumple la labor de regar, la cual está diseñada para mantener el contenido de humedad de los suelos agrícolas y permitir que los cultivos crezcan y alcancen el mayor rendimiento al menor costo posible. Con el riego se intenta suplir los requerimientos hídricos del cultivo cuando estos no son compensados por la precipitación de la zona.
- 3. Botánica taxonómica:** Me permitió identificar y entender la clasificación taxonómica del género *Eleais* y las especies que lo conforman que son *Eleais guineensis* y *Eleais oleífera*, además de entender la formación del híbrido interespecífico OxG y las características que lo distinguen.
- 4. Agro-climatología:** Me permitió comprender las condiciones agroclimáticas que rodean al cultivo de palma de aceite y las cantidades requeridas de cada una de las variables abióticas según la zona donde se ubican los experimentos.
- 5. Agroecología:** Me permitió entender la relación de las plantas con el medio que la rodea y de esta manera comprender la acción del cómo y porqué se realizan labores de limpieza del plato y del estípite o porqué se realizan técnicas como los llamados sotobosques.
- 6. Cultivo II, Cultivo de palma de aceite:** Me permitió conocer y entender generalidades de las labores agronómicas realizadas durante el ciclo de vida en el cultivo de palma de aceite.
- 7. Fisiología vegetal:** Me permitió observar y entender el comportamiento de la palma en cuanto a emisión de órganos vegetativos a nivel foliar y reproductivo, ya que con ello puedo identificar visualmente el estrés que está sufriendo la planta con respecto a su cantidad de hojas y tipo de flores emergidas en un periodo definido.
- 8. Fisiología de la producción:** Me permitió identificar los estados fenológicos de la palma de aceite que son indispensable para realizar labores de reconocimiento como germinación de semilla, crecimiento de la planta, etapa reproductiva, cosecha etc.



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



9. **Morfología:** Me permitió identificar cada una de las partes de la palma y sus características distintivas.
10. **Fitomejoramiento:** Me permitió entender cómo están conformadas cada una de las especies genéticamente, cuáles son los posibles mejoramientos a los que pueden ser sometidos teniendo en cuenta la variabilidad genética y los genes asociados a comportamientos específicos como resistencia y tolerancia a factores bióticos y abióticos, y que serán siempre objeto de estudios denominados como genes de interés.
11. **Entomología:** Me permitió observar e identificar aquellos insectos asociados al cultivo de palma ya sean benéficos o enemigos naturales.
12. **Microbiología agrícola:** Me permitió conocer y entender posibles microorganismos que pueden ser causales de problemas fitosanitarios como pudrición de cogollo (PC) entre otras, propias del cultivo de palma de aceite.
13. **Fitopatología:** Me permitió observar y entender los tipos de daños asociados a enfermedades en palma y posibles organismos patógenos.
14. **La rama de suelos:** Fue posible para mí entender los procesos que requieren la disponibilidad de nutrientes, la coordinación de estos con las necesidades de los cultivos, la gestión de la materia orgánica del suelo y la protección de su calidad física y biológica.



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



7. DESARROLLO DE ACTIVIDADES:

Este periodo de prácticas dio inicio el 1 de agosto del 2022. A continuación, se presenta una descripción de las actividades realizadas, incluyendo las establecidas en el convenio de prácticas, y actividades adicionales que cumplen con las funciones de pasante en el programa de Geomática en Cenipalma. La práctica fue realizada en una plantación de razón social Palmeras de La Cartuja S.A.S, a 15km de la municipalidad de Agustín Codazzi, Casar. Esta empresa productora de aceite de palma cuenta con 280Ha en producción de palma adulta. Sin embargo, el experimento se lleva a cabo en 2 lotes, C1 y C3.

ACTIVIDADES

Área de estudio

C1: teledetección (requerimiento hídrico), siembra año 2012, 8 ha.

C3: simulación y control de riego, siembra año 2013, 4 ha.

A continuación, se describirán cada uno de los 3 tipos de nodos en los cuales se basa el proyecto para lograr monitorear el comportamiento en la relación suelo, planta y clima teniendo en cuenta las condiciones reales del cultivo (plantas de porte alto y robusto). Los aparatos electrónicos usados son modelos desarrollados en diseño y funcionamiento por Visualiti S. A. S. Todos cuentan con transmisión sin hilos mediante un protocolo de comunicación de un punto a varios puntos de baja frecuencia de 900 MHz.

Nodo climático (Tipo 004): Se implementaron 8 estaciones meteorológicas con datalogger que permiten la transmisión de datos a través de la tecnología GSM. Cada estación registra datos de precipitación, temperatura ambiente, humedad relativa, radiación solar y viento cada hora, incluyendo la medida de la precipitación en milímetros, la temperatura en grados Celsius, la humedad relativa en porcentaje, la radiación solar en vatio por metro cuadrado y la dirección y velocidad del viento.

Nodo de suelos, clima y planta (Tipo 006): Para monitorear el cultivo de palma de aceite, se han instalado 4 nodos, cada uno con diferentes sensores para medir diferentes variables ambientales y del suelo. Cada nodo tiene 3 sensores de humedad y temperatura del suelo a diferentes profundidades, 2 sensores IRT para medir la temperatura infrarroja de la superficie de las hojas, 1 sensor de humedad relativa y temperatura ambiente a una altura de 1,50 m en el interior del cultivo. Los nodos están diseñados para funcionar bajo diferentes condiciones de suministro de agua, incluyendo condiciones de déficit, exceso y suministro ideal.

Nodo de suelos y controlador de riego (Tipo 007): Cada uno de los tres nodos está compuesto por dos sensores de suelo mátricos, ubicados a 15 cm de profundidad, así como una electroválvula y un contador de flujo.

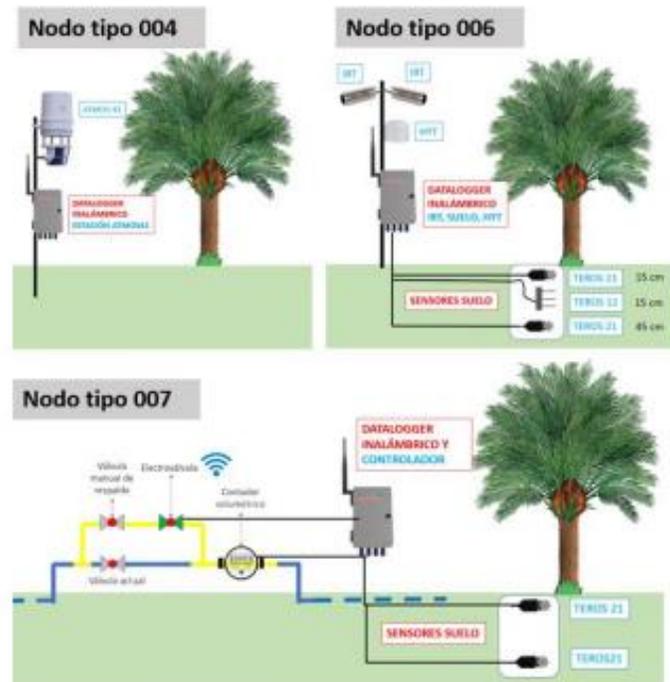


Figura 4. Estructuras de nodos de monitoreo. Diseño prototipo en colaboración con Visualiti S. A. S. Fuente: Zabala (2022).

La principal ejecución de actividades en estos nodos es:

1. supervisión y mantenimiento preventivo de los dispositivos que los componen, ya que estos son autónomos para realizar sus funciones y no necesitan intervención de la mano humana.
2. proceso y organización de los datos suministrados por estos dispositivos, lo cual se trata de recibir de la empresa Visualiti S. A. S. documentos crudos en formatos CSV información de las variables estudiadas como lo son frecuencia horaria precipitación (mm), temperatura ambiente (°C), humedad relativa (%), radiación solar (W/m²), viento (dirección y velocidad), humedad del suelo, Temperatura en la superficie de la hoja, etc. Estos se deben organizar, convertir en formato Excel y posteriormente actualizar con esta información la base de datos ya estructurada, la cual se encuentra en línea.



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



Lo anterior explica cómo se realiza el suministro y ejecución de información electrónica y telemática de las condiciones del cultivo. Por otro lado, a continuación, se explicará cómo es la metodología para realizar el suministro y ejecución de información de tipo Biofísico en las condiciones reales del cultivo.

Índice de área foliar (IAF) y la fracción de la radiación fotosintéticamente activa interceptada (fiPAR): para esto es necesario el uso del dispositivo conocido como Ceptómetro, para realizar el muestreo hay que trasladar hasta el cultivo el dispositivo y posteriormente ejecutar la actividad, así: Muestrear las unidades experimentales ya identificadas en el lote C1. Hora inicio 11:00 am. 4 palmas por cada nodo. 24 datos por palma (4 lecturas a cada lado de la palma en dirección hacia las 6 palmas del primer anillo). 384 lecturas en total de 16 palmas.

Conductancia estomática: para esto es necesario el uso del dispositivo conocido como Porómetro. Para realizar el muestreo hay que trasladar hasta el cultivo el dispositivo y posteriormente ejecutar la actividad, así: Muestrear las unidades experimentales ya identificadas en lote C1. Hora de inicio 11:00 am. 4 palmas por cada nodo. 3 lecturas de respuesta al vapor de agua sobre un foliolo de la hoja 17 por palma. 48 lecturas en total de 16 palmas. Gracias a este instrumento podemos identificar como está siendo afectado el cultivo con respecto al riego suministrado o negado.

Potencial hídrico: para esto es necesario el uso del dispositivo conocido como Cámara Scholander. Para realizar el muestreo no se traslada hasta el cultivo el dispositivo, ya que solo se necesitan tomar unas muestras de foliolos y estos son llevados hasta el sitio donde se haya instalado previamente el instrumento para posteriormente ejecutar la actividad, así: Muestrear las unidades experimentales ya identificadas en el lote C1. Hora inicio 11:00 am – 01:00 pm. 4 palmas por cada nodo. Lectura sobre 3 foliolos de la hoja 17 por palma. 3 lecturas de respuesta al potencial hídrico. 48 lecturas en total de 16 palmas.

Reflectancia: para esto es necesario el uso del dispositivo conocido como espectrorradiómetro Fieldspec 4 (FS4). Para realizar el muestreo no se traslada hasta el cultivo el dispositivo, ya que solo se necesitan tomar unas muestras de foliolos y estos son llevamos hasta el sitio donde se haya instalado previamente el instrumento para posteriormente ejecutar la actividad, así: Muestrear las unidades experimentales ya identificadas en el lote C1. Hora inicio 09:00 am – 10:00 am. 4 palmas por cada nodo. Lectura sobre 3 foliolos de la hoja 17 por palma. 10 lectura de respuesta espectral sobre cada foliolo. 480 lecturas en un total de 16 palmas.



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



8. CRONOGRAMA

De acuerdo a las funciones y las actividades realizadas ubíquelas a través de un diagrama de Gantt (ver Diagrama 1.)

		semanas																							
		Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero			
Fases	Actividad	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Fase I	Inducción.																								
	Revisión de literatura.																								
	Análisis de antecedentes en el uso de teledetección activa realizada por Cenipalma.																								
	Reconocimiento y alistamiento de pruebas preliminares con equipos de teledetección pasiva.																								
	Registro fotográfico de uso en equipos y/o sensores.																								
Fase II	Realización de muestreos y lecturas periódicas con equipos de teledetección y sensores foliares y edáficos. (Lo anterior sujeto a cambios en metodología).																								
	Realización de graficas para el análisis de datos.																								
Fase III	Realización de muestreos y lecturas periódicas con equipos de teledetección activa y pasiva. (Esto con una metodología ya definida).																								
	Pruebas preliminares con el dispositivo DRON para la captura de imágenes en infrarrojo.																								
	Actualización de información del proyecto con tecnologías SIG y uso aplicado de capas NDVI y MDVI.																								
	Pruebas preliminares para la automatización de sistema de riego.																								
	Finalización y entrega de informe.																								



9. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

1. El uso de la teledetección activa para la determinación de estrés hídrico ya sea por exceso o déficit a través de imágenes de espectro es una de las tecnologías de última generación. Con la ayuda del dispositivo espectrorradiómetro FieldSpec 4 (FS4) se hace muy fácil identificar el espectro visible e infrarrojo corto de las muestras foliares estudiadas. A través de la práctica se logró identificar aspectos para mejorar en la metodología, tales como no realizar los muestreos en la hoja número 9 sino en la 17, ya que la plantación en estudio tiene una edad de 10 años. Además que es en esta hoja donde existe mejor correlación entre los niveles foliares de nutrientes y el rendimiento de la producción.
2. No podemos hablar de estrés hídrico sin antes conocer el potencial hídrico que las plantas en estudio presentan. Por esta razón, se hace indispensable el uso de la herramienta llamada Cámara Scholander, la cual en unos pocos segundos nos muestra el potencial hídrico en el que se encuentran los folíolos muestreados.
3. Con la ayuda de programas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se podría hallar la respuesta a muchos de los objetivos propuestos en el proyecto. Sin embargo, esta sería muy ambigua, ya que el proyecto busca crear un modelo de determinación de estrés hídrico específicamente en el cultivo de la palma de aceite. Por tal motivo se hace necesario realizar muestras para hallar el índice de área foliar y producción de biomasa y no es factible utilizar del SIG los índices de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) ya que es un índice generalizado no específico para palma. Gracias al dispositivo llamado Ceptómetro podemos lograr estos resultados sin la necesidad de realizar muestreos destructivos.
4. Por último, gracias al dispositivo llamado Porómetro podemos identificar como está siendo afectado el cultivo con respecto al riego suministrado o negado. Este nos permite estimar la conductancia estomática en la superficie de la hoja en un mismo rango de hora, ya que la radiación solar afecta la apertura de las estomas.
5. Basado en el registro de datos y las evaluaciones preliminares que se han venido realizando se puede recomendar:
 - Que los dispositivos espectrorradiómetro FieldSpec 4 (FS4) y Cámara Scholander sean trasladados al cultivo, para que en cada muestreo e inmediatamente que se corten los folíolos estos sean muestreados y así lograr obtener mejores datos.



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



- Que en el uso del dispositivo Porómetro se busque la manera de realizar las lecturas de forma más segura y eficiente, ya que la metodología establece realizar las lecturas en el 1/3 medio de la hoja, sin embargo, hasta esa altura es difícil llegar en una plantación que se encuentre con un manejo agronómico óptimo y donde su edad supere los 10 años.
- Que para experimentos futuros se deba seleccionar de mejor forma la ubicación de los tratamientos con base a la topografía. En particular el tratamiento T2, el cual está diseñado para una condición de déficit hídrico, parece estar siendo afectado por algún factor externo en algunas de sus unidades experimentales. Se presume que esto se debe a la topografía ya que las variables de suelo e índice de biomasa muestran una condición óptima en estas unidades experimentales.

Por otra parte, la culminación de este proyecto es necesaria para comprobar las hipótesis existentes en el sector palmero con respecto a que si el exceso de agua de riego puede o no afectar la producción de índice de biomasa en el cultivo. En este sentido, esta información permitirá planificar las labores de riego y poda sin afectar el rendimiento del mismo.

Por último, como líneas futuras queda pendiente la toma de imágenes de temperatura realizadas con el DRON en el tiempo del experimento, el análisis y publicación de los resultados.



10. BIBLIOGRAFÍA

Cenipalma (2019a). Corporación Centro De Investigación En Palma de Aceite. Recuperado de: <https://minciencias.gov.co/content/corporacion-centroinvestigacion-en-palmaaceite#:~:text=La%20Corporaci%C3%B3n%20Centro%20de%20Investigaci%C3%B3n,el%2021%20de%20septiembre%201990>.

Cenipalma. (2019b). Direccionamiento Estratégico Cenipalma. HYPERLINK "<https://www.cenipalma.org/wpcontent/uploads/2019/08/Direccionamiento-Estrategico-CenipalmaWeb.pdf>" <https://www.cenipalma.org/wpcontent/uploads/2019/08/Direccionamiento-Estrategico-CenipalmaWeb.pdf>

Datateca. (2011). Catedra Unadista. Obtenido de Universidad Nacional Abierta y a Distancia: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/356005/Contenido_EXE/Contenido_exe/leccin_1_generalidades_de_la_palma_de_aceite.html

El Palmicultor. (2014). Cambio climatico y palma de aceite: una oportunidad para obtener provecho. Obtenido de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmicultor/article/view/11403/11417>

Fedepalma. (2016). Sedes y Horarios Fedepalma / Cenipalma. Recuperado de: https://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/SEDES_HORARIOS.pdf

Gallo, Ó., Hawkins, D., Luna-García, J. E., & Torres-Tovar, M. (2020). Producción de aceite de palma en Colombia: ¿trabajo decente y saludable?. Revista Ciencias de la Salud, 18(2), 88-110.

Ministerio de Agricultura y Ganaderia . (s.f de s.f de 2011). Cultivo e industria de palma aceitera. Obtenido de Guía general para el productor: HYPERLINK "http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_palma.pdf" http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_palma.pdf

Núñez, L. E. (2014). Proyecto de Certificación en RSPO planta EXTRACTORA FRUPALMA S.A y sus fincas asociadas. Santa Marta.

Zabala, A. J. (2022). Teledetección espacial aplicada a la determinación del estado hídrico a escala de lote. Caso de estudio. Obtenido de <https://web.fedepalma.org/conferenciainternacional/wp->



**Informe de Prácticas Profesionales como
Opción de Grado**



content/uploads/2022/09/Teledeteccion-espacial-aplicada-para-determinacion-amhccorr.pdf



11. ANEXOS

Anexos que sustentan el informe, evidencias que demuestran el desarrollo de la práctica.

N°	Relación de Anexos
1	Muestreo de firmas espectrales
2	Muestreo de índice de área foliar y producción de biomasa
3	Muestreo de Potencial hídrico
4	Muestreo de presión de vapor y el flujo de vapor en la superficie de la hoja
5	Revisión en medidor de flujo
6	Revisión en estación meteorológica
7	Revisión en torre Eddy covariance
8	Instalación de estación meteorológica
9	Prueba preliminar de vuelos con el DRON para la captura de imágenes en infrarrojo.
10	Revisión en Nodos de variables planta, suelo y clima



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado





Informe de Prácticas Profesionales como
Opción de Grado

