

## **Conferencia Magistral: Eficiencia con base en indicadores. La clave de la sostenibilidad de la palma de aceite**

Keynote Speech: Indicator-based Efficiency. The Key for Oil Palm Sustainability

**PALABRAS CLAVE:** sostenibilidad, palma de aceite, indicadores.

**NOLVER ATANACIO ARIAS**

Coordinador Programa de  
Agronomía, Cenipalma

### **Resumen**

El objetivo de este artículo es presentar y argumentar la importancia de la medición, los indicadores y el seguimiento a los mismos como estrategia para el mejoramiento y la sostenibilidad de la agroindustria de la palma de aceite; es decir, la forma en que desde el proceso productivo de la palma es posible avanzar en la incorporación de indicadores que permitan identificar los puntos de mejora e iniciar el seguimiento y tener en cuenta cómo, a partir del seguimiento de tales indicadores, es posible contribuir con la sostenibilidad de la palma de aceite. De acuerdo con lo anterior, en el presente documento se hace referencia, en primer lugar, a los indicadores agronómicos en el sentido de reconocer el conocimiento existente, es decir, datos sobre los cuales se pueden referenciar para empezar a medir el proceso productivo. En segundo lugar, se describen los indicadores de la tecnología aplicada (lo que es posible medir en las plantaciones) desde una forma básica hasta una manera avanzada. Por último, se presentan algunos indicadores orientados hacia las problemáticas priorizadas desde los Comités Agronómicos de cada una de las zonas palmeras.

## Introducción

Hacer referencia a la sostenibilidad implica e incorpora el término “seguimiento”. Cuando una plantación o una planta de beneficio decide iniciar el proceso de certificación de acuerdo con los principios y criterios de la Mesa Redonda de Aceite de Palma Sostenible (RSPO por su sigla en inglés), es necesario tener en cuenta que este involucra la concertación de indicadores, para lo cual, desde el componente agronómico es posible contribuir a que estos indicadores requeridos sean medibles y se pueda hacer su correspondiente seguimiento en el tiempo. Este tipo de indicadores no solamente corresponden a la parte técnica de un proyecto productivo en palma de aceite, sino que también están relacionados con el componente social y ambiental. Al respecto, se debe tener en cuenta que cada vez que se tome una decisión desde el punto de vista agronómico resulta pertinente conocer que tal decisión puede tener un impacto a nivel social o ambiental. Por ejemplo, cada vez que se decida controlar o manejar una plaga *X* o *Y* por medio de un mecanismo *X* o *Y*, es necesario considerar el impacto que esta acción podría tener. Así mismo, cada vez que se escoge una fuente de fertilizante o de nutrientes, es pertinente evaluar el posible impacto que podría representar esta decisión en la sostenibilidad de la palma y, desde luego, su impacto económico. En cada una de las decisiones agronómicas, tres preguntas frecuentes deberían surgir: ¿Cuánto vale?, ¿qué tanto impacta?, y si determinada decisión es viable económicamente para que pueda seguir adelante la agroindustria de la palma de aceite en Colombia.

Otro interrogante que debería estar presente es ¿cuál es el tipo de palma que queremos?: un cultivo de palma con suelos desnudos, con algunas evidencias de procesos de erosión, o más bien una palma amigable con el medioambiente, con abundantes coberturas de arvenses y otras plantas. La razón de ser de este planteamiento es que la visualización de la “palma ideal” tiene que ver con las prácticas que se realicen en el manejo de coberturas, por ejemplo, en la disposición de la siembra y en las prácticas de conservación de suelos, que en últimas apuntan también al tema de la eficiencia de la nutrición. Frente a esto la pregunta general es: ¿qué tan eficientes somos en el tema de nutrición de nuestros cultivos de palma de aceite?

Desde Cenipalma apuntamos a un cultivo de palma de aceite diverso por múltiples razones: la conservación del suelo, la diversidad de plantas, la diversidad de especies benéficas que allí se pueden albergar y porque un cultivo mayormente diverso es también más amigable con el medioambiente. La palma de aceite puede estar asociada con más de 200 diferentes especies de plantas. De esta forma, el cultivo de palma de aceite puede ser más diverso de lo que normalmente se ha afirmado, con lo cual este cultivo puede contribuir al medioambiente y desarrollarse en el marco de la sostenibilidad.

## Indicadores de manejo agronómico en la palma de aceite

En cuanto a los indicadores agronómicos del cultivo de palma de aceite, se cuenta con abundante información de referencia en todos los temas relacionados con este componente: aspectos climáticos, manejo del suelo, aspectos fisiológicos, económicos, etc. Sin embargo, frente al tema, el punto es cómo poder referenciar dicha información. Así, por ejemplo, cuando la producción disminuye la pregunta que siempre surge es ¿por qué disminuyó? Es entonces cuando se buscan respuestas a esta pregunta, las cuales, muy seguramente, se encuentran en la información que se conoce y en los indicadores de referencia (si se cuenta con ellos), a partir de los que posiblemente se puede llegar a la respuesta más acertada.

Uno de los elementos dentro del componente agronómico es la radiación solar. En Colombia contamos con una cantidad adecuada de radiación solar en las zonas palmeras, situación que es distinta en otros países productores de Centroamérica, especialmente. Un referente es que la palma de aceite necesita alrededor de 5,5 horas/día de radiación solar para lograr altos rendimientos (Hartley, 1988). Pero también hay datos más precisos que indican que cuando la radiación disminuye de 15 a 12 MJ/m<sup>2</sup>, se puede presentar una reducción de 15 a 20 % en la producción de fruto (Caliman *et al.*, 1998). Además, se conoce que se pueden obtener entre 1,7 y 2,1 toneladas de fruta adicionales por cada MJ adicional durante un tiempo determinado (Paramanathan *et al.*, 2000). Entonces, cuando se disminuye la producción, es posible que el factor radiación sea una de las variables que explica dicho comportamiento.

En ese sentido, para obtener información confiable acerca de la radiación solar necesariamente se debe contar con algunas estaciones meteorológicas cercanas que así lo registren. En conclusión, sabemos que la radiación solar influye directamente en la producción de la palma de aceite y, por lo tanto, es pertinente realizar la medición y el seguimiento adecuado de esta variable para encontrar parte de las respuestas acerca del comportamiento de la producción del cultivo.

Con relación al factor temperatura, afortunadamente, las variaciones en las zonas palmeras de Colombia no llegan a ser tan bajas como para alcanzar los 17 °C. Sin embargo, cuando eso sucede, se puede presentar una reducción de hasta tres veces en la tasa de desarrollo de las palmas (Olivin, 1986), y si se reduce la emisión foliar muy probablemente se tendrá menor cantidad de racimos, o menor cantidad de estructuras productivas. Lo anterior aplica especialmente para países productores que tienen influencia en zonas templadas, como aquellos ubicados en Centroamérica. Sin embargo, no se excluye que en zonas como los Llanos Orientales de Colombia se puedan presentar reducciones de temperatura considerables que afectarían el normal desarrollo del cultivo.

En cuanto al déficit hídrico, para 2014 zonas palmeras como la Norte registraron reducciones hasta de 70 % en el promedio de precipitaciones anuales. Frente a este tema, es pertinente mencionar que existe conocimiento sobre la influencia del déficit hídrico en la producción de la palma de aceite. El requerimiento de esta especie es una precipitación de 2.000-3.000 milímetros anuales, e idealmente que no se presenten precipitaciones inferiores a 150 milímetros por mes (Dufrene *et al.*, 1990), lo cual se tiene como punto de referencia y sirve como criterio base para tomar decisiones sobre los sitios de siembra. Con respecto a las condiciones relacionadas con la disponibilidad de agua las preguntas que surgen son: ¿qué tanta agua hay disponible? y, en caso de que no exista un suministro adecuado, ¿cómo se puede superar el déficit hídrico existente? Es claro que se pueden llegar a obtener menos de 10 t/ha cuando el déficit hídrico anual supera los 500 milímetros (Goh, 2008); esta variabilidad depende de las condiciones particulares del suelo y de qué tan continuo se presente el déficit hídrico. Así mismo, se conoce que se puede llegar a registrar una reducción de 10 a 20 % en la producción por cada 100 mm de

déficit y que el riego puede llegar a representar entre 20 y 30 kilogramos de fruto adicional por cada milímetro de agua aplicado (Palat *et al.*, 2008). Con base en esta información, es pertinente reconocer y tener presente la importancia del déficit hídrico para la producción de palma de aceite y poder tomar las decisiones pertinentes con base en evidencia validada.

En cuanto al tema de las densidades de siembra, los mejores resultados señalan que se deben sembrar entre 118 y 160 palmas por hectárea (Corley & Tinker, 2016) en función de los materiales de siembra y de las condiciones específicas del suelo. Así, por ejemplo, los materiales híbridos (OxG), con mayor envergadura y área foliar, requieren de una densidad diferente que los materiales *E. guineensis*. Así mismo, se conoce que a mayor fertilidad del suelo es posible reducir la densidad de siembra, es decir, que en suelos más fértiles las palmas tendrán un mayor desarrollo y que el raleo puede representar un incremento hasta de 4 t/ha, al pasar de 160 a 120 palmas/ha (Uexkull, 2003).

En cuanto a los temas relacionados con el área foliar, pueden surgir interrogantes tales como: ¿existe en las plantaciones un exceso de área foliar?, ¿se tiene en las plantaciones competencia entre las palmas?, ¿será necesario realizar raleo en algunos lotes de las plantaciones? Esas preguntas encuentran respuesta en las referencias obtenidas en las investigaciones que se han desarrollado. Con respecto al índice de área foliar (IAF) los valores de referencia se encuentran entre 5,5 y 6 (Breure, 2010). Sin embargo, más allá de este valor, lo importante es el valor real de esta variable en las Unidades de Manejo Agronómico (UMA) de la plantación y cuánto representa este valor en términos de producción. Unido al concepto de IAF se encuentra el número de hojas por palma. Múltiples ensayos realizados con respecto a la cantidad de hojas, el cual es un indicador más fácil de hallar que se puede traducir en índice de área foliar, han encontrado que cuando se tienen 40 hojas por palma se puede llegar a producir 25 t/ha (Hartley, 1998; Henson, 2002), mientras que con 8 hojas/palma se alcanzan tan solo 2 t/ha.

Otro aspecto importante que incide en la producción es el *fruit set* (FS), el cual es la relación entre el número de frutos normales con respecto al total de frutos del racimo. Este aspecto se convierte en una medida indirecta de la eficiencia de la polinización, por lo que

impacta la producción. Este es además importante tanto para los materiales *E. guineensis* como para los materiales OxG. La relación que existe entre el *fruit set* y el peso de los racimos es bien conocida. Por ejemplo, si se tiene 90 % de FS en el caso de *E. guineensis* (Harun *et al.*, 2009), se obtendrán racimos de 24 kg de peso, mientras que si el FS reporta un valor de 50 % el peso de los racimos disminuye a 20 kg, o si este es de tan solo 20 % el peso de los racimos disminuye a 14 kg. De allí que la importancia de esta variable sea fundamental en términos de productividad, ya que al presentarse deficiencias en la labor de la polinización el peso medio del racimo puede llegar a reducirse más de 40 %. Esto es importante puesto que en la actualidad el precio del aceite de palmiste es dos veces el precio del aceite del mesocarpio de palma, lo que significa que con un mejor FS se gana un mayor peso de los racimos y, por ende, se obtiene una mayor tasa de extracción tanto de aceite del mesocarpio como de aceite de palmiste, así como una mayor rentabilidad del cultivo.

De otro lado, es necesario tener en cuenta la importancia de las medidas de conservación del suelo y el impacto del drenaje en la palma, los cuales pueden llegar a representar entre 20 y 30 % de producción adicional (Balasundram *et al.*, 2006). Es conocido que se pueden llegar a tener reducciones hasta de 30 % en la producción por efectos de un mal drenaje del cultivo. Más grave aún es la problemática sanitaria de la Pudrición del cogollo que puede resultar de la implementación de malas prácticas de manejo de drenajes. En contraste, si ejecuta un buen drenaje se pueden llegar a obtener incrementos hasta de 5 t/ha en un periodo no superior a tres años.

En cuanto a las coberturas, es conocido que se pueden registrar reducciones entre 50-60 % en la producción bajo condiciones de no control de malezas arvenses o plantas acompañantes. A diferencia, se pueden registrar incrementos de 10-20 % en la producción cuando predominan las leguminosas en lugar de las gramíneas; sin mencionar el impacto de estas últimas en el manejo de plagas y enfermedades y su relación con ML y PC.

Sobre la defoliación causada por la presencia de plagas en el cultivo, el impacto de esta variable en el rendimiento del cultivo puede llegar a ser una reducción de 50, 25 y 15 % en la producción durante los años 1, 2 y 3, respectivamente. Entonces, considerando los planes de

manejo de plagas tradicionales, más allá de cuantificar la cantidad de individuos en un cultivo, lo verdaderamente importante es valorar el impacto de la presencia de plagas sobre el área foliar de la palma, lo cual, en últimas, determinará las cifras de producción del cultivo.

Por último, en lo que se refiere al manejo de las enfermedades del cultivo de la palma de aceite, se conoce que la Pudrición del cogollo (PC) y la Marchitez letal (ML) pueden llegar a generar una reducción de 100 % en la producción de un cultivo. De acuerdo con investigaciones de algunos palmicultores y trabajos desarrollados por Cenipalma, se sabe de la relación entre el suelo, la aireación del suelo, el drenaje, la nutrición y la incidencia de PC, razón por la cual resulta importante contar con indicadores precisos para cada una de estas variables, a fin de valorar la posible incidencia de esta y otras enfermedades que puedan llegar a afectar el cultivo.

## Indicadores de tecnología aplicada en las plantaciones

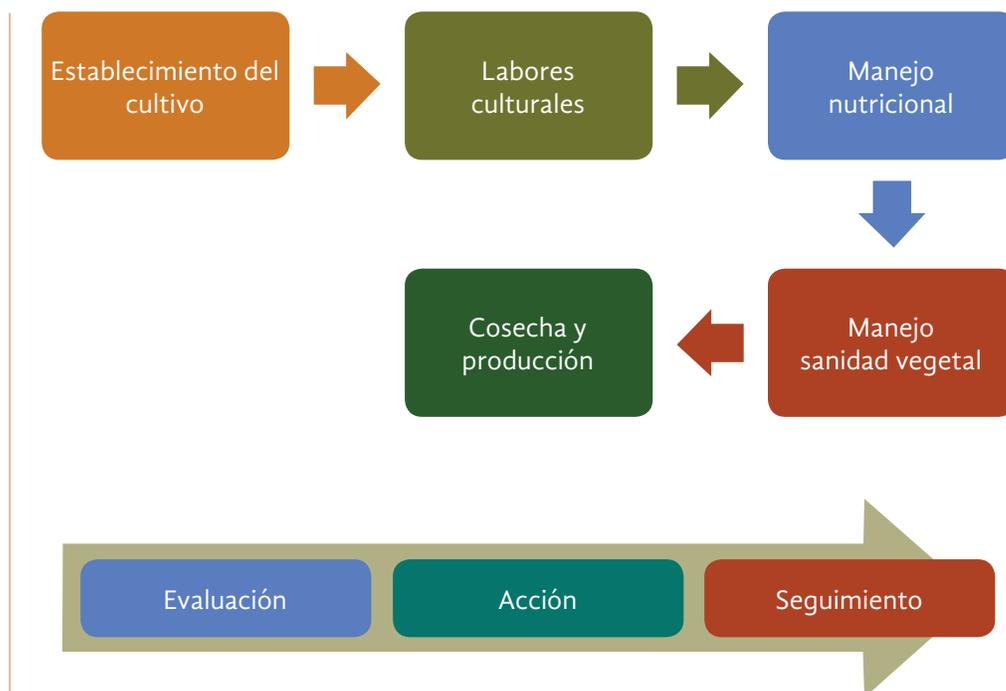
En 2012 Cenipalma publicó una guía metodológica (Franco *et al.*, 2012) sobre cómo evaluar el nivel tecnológico en las plantaciones (Figura 1), con base en una serie de componentes: evaluar el establecimiento del cultivo, el estatus de las labores culturales, el manejo nutricional de las plantaciones, el manejo de la sanidad vegetal y el proceso de cosecha y producción. Este análisis se traduce en la evaluación del nivel tecnológico de la palma de aceite en Colombia.

Estos componentes, en conjunto, son calificables en escala de 1 a 100 y además han sido ponderados de acuerdo con la experiencia y validación de profesionales dedicados a la agroindustria de la palma y en términos del impacto de estas actividades en la producción y sanidad del cultivo. Luego de calificar ese nivel tecnológico se realiza una clasificación en rangos, tal como se muestra en la Tabla 1.

Adicionalmente, están desglosados por algunos aspectos. En el tema de establecimiento del cultivo se resalta, por ejemplo, el diseño y establecimiento de sistemas de riego y drenaje (Tabla 2); en este caso tiene la puntuación más alta, ya que si no se diseña un buen sistema de drenaje todos los demás componentes pueden empezar a fallar.

**Figura 1.** Componentes de la evaluación del nivel tecnológico en plantaciones.

Fuente: Franco *et al.* (2012).



**Tabla 1.** Rangos de nivel tecnológico de acuerdo con la escala porcentual.

Nivel tecnológico	Rango calificación
Alto	> 90
Medio	70 - 89
Bajo	60 - 69
Deficiente	< 60

**Tabla 2.** Componente de establecimiento del cultivo y aspectos incluidos con su respectiva calificación.

Establecimiento cultivo	Puntaje máximo posible
Caracterización de suelos y condiciones climatológicas	2
Información de estudios topográficos	2
Diseño y establecimiento de sistemas de riego y drenaje	6
Diseño de Unidades de Manejo Agronómico (UMAs)	3
Adecuación de suelos (física y química)	4
Establecimiento de leguminosas	3

Dentro del componente de labores culturales se destaca el mantenimiento de platos o el área cercana a la palma (Tabla 3), labor que puede ser variable y ajustable con base en las condiciones específicas de los cultivos en cada zona.

En el aspecto nutricional (Tabla 4), destacan la toma de muestras foliares y muestras de suelos, así como la evaluación de la eficiencia de la fertilización, la cual tiene el mayor valor dentro del grupo. Con respecto a este componente, vale la pena preguntar cuál es la eficiencia de la fertilización en las plantaciones en escala de 1 a 100, es decir, qué tanto de lo que se aporta en nutrientes efectivamente beneficia al cultivo. Nuevamente, contar con indicadores precisos permite dar respuesta a este cuestionamiento.

En cuanto al manejo sanitario (Tabla 5), la oportunidad en la intervención de plagas y enfermedades

ocupa un valor importante. La oportunidad y la eficiencia en el control de plagas se destacan dentro de este componente.

Finalmente, dentro de la fase de cosecha y producción (Tabla 6), los criterios con los valores más altos están relacionados con la recolección de los frutos y qué tan bien se ubica la plantación o UMA en el rango de productividad potencial.

Al final del ejercicio se tendrá una escala de calificación a manera de índice de balance, la cual señalará qué aspectos deben ser mejorados en cada uno de los componentes antes descritos. Como se observa en la Figura 2, en la plantación ejemplo es necesario mejorar en labores de establecimiento del cultivo que muy seguramente están relacionadas con el diseño de drenajes, el diseño de UMA, el manejo nutricional y en labores de cosecha y producción.

**Tabla 3.** Componente de labores culturales y aspectos incluidos con su respectiva calificación.

Labores culturales	Puntaje máximo posible
Mantenimiento de platos	3
Mantenimiento de interlíneas	1
Podas	2
Disposición de hojas podadas	2
Mantenimiento de infraestructura	2

**Tabla 4.** Componente de manejo nutricional y aspectos incluidos con su respectiva calificación.

Manejo nutricional	Puntaje máximo posible
Toma de muestras foliares	4
Toma de muestras de suelos	5
Estimativos de producción	5
Registro de medidas vegetativas	2
Fraccionamiento de la fertilización	4
Época de aplicación	4
Eficiencia de la fertilización	6

**Tabla 5.** Componente de manejo sanitario y aspectos incluidos con su respectiva calificación.

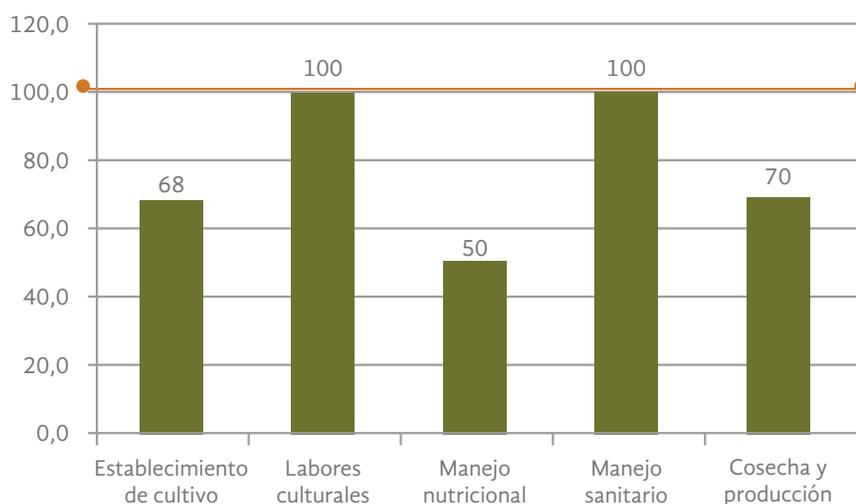
Manejo sanitario	Puntaje máximo posible
Censo y seguimiento de plagas y enfermedades	10
Oportunidad en el manejo de plagas y enfermedades	10
Calidad del follaje	2,5
Área foliar	2,5

**Tabla 6.** Componente de manejo sanitario y aspectos incluidos con su respectiva calificación.

Cosecha y producción	Puntaje máximo posible
Criterios y ciclos de cosecha	3
Recolección de racimos y frutos	3
Calidad del fruto cosechado	3
Producción	6

**Figura 2.** Índice de balance tecnológico en una plantación ejemplo.

Fuente: Franco *et al.* (2012).



## Indicadores enfocados en problemáticas priorizadas en las zonas palmeras

Más allá de enfocarse en múltiples indicadores, es pertinente concentrarse en aquellas variables que pueden contribuir a superar las principales problemáticas priorizadas en los Comités Agronómicos

de las distintas zonas palmeras. Se presentan a continuación las tres primeras prioridades de cada una de las zonas, así como algunos aspectos que pueden contribuir a mejorar o solucionar las problemáticas identificadas en cada zona.

En la Zona Suroccidental (Tabla 7) uno de los principales limitantes del cultivo es el malogro de racimos, el cual afecta a los materiales híbridos OxG.

Esta limitante hace que muchos de los racimos producidos en cultivo no alcancen la madurez adecuada, con lo cual se generan pérdidas en la productividad y la competitividad de un cultivo.

El primer paso en la búsqueda de soluciones a esta problemática es cuantificar el impacto de esta afectación, tal como se muestra en la Figura 3, en donde para dos lotes de tres plantaciones distintas se registran cifras relacionadas con el malogro de racimos. La tarea de cuantificar y medir el impacto de esta limitante es el primer paso para la búsqueda de posibles soluciones a esta y otras problemáticas que afectan al cultivo de palma de aceite en nuestro país.

En línea con lo anterior, es necesario cuantificar qué tantos frutos normales se forman. En el híbrido OxG no se alcanzan valores de 90 o 95 % como puede

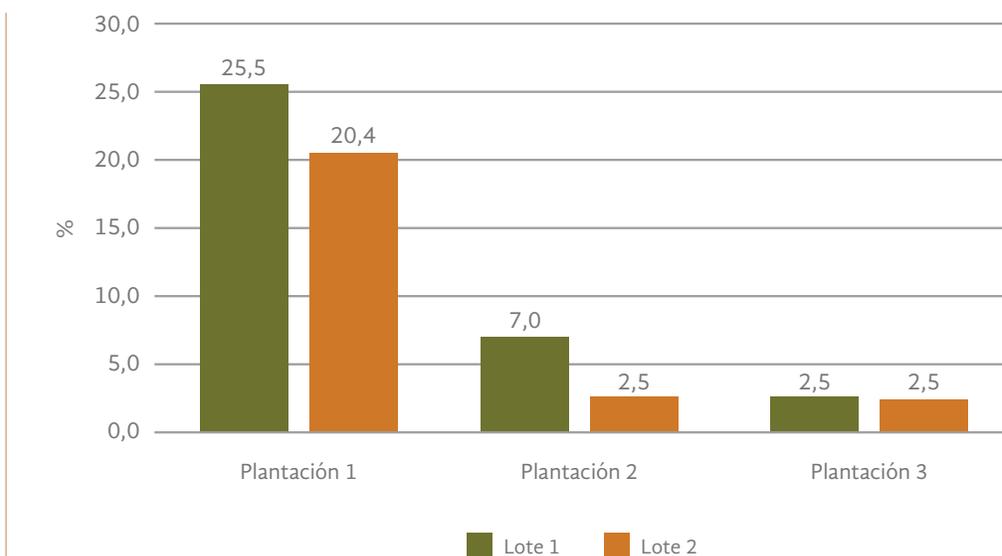
sucedir en materiales *E. guineensis*, pero sí se puede obtener un *fruit set* cercano a 40 %. Entonces, cuando los racimos no tienen buena cantidad de frutos normales deberían encontrarse las razones para explicar tal fenómeno, entre las que podría estar que la eficacia del polen que se utiliza para fecundar los frutos no es la adecuada, o que no se está llevando a cabo la labor de polinización de manera efectiva, entre otras razones.

En la Figura 4 se presenta el ejemplo de una plantación donde alrededor del 47 % de los racimos evaluados para un periodo X en determinada área no estaban polinizados. Es conocido que polinizar resulta en una mayor cantidad de aceite y que si no se poliniza puede existir el riesgo de que los racimos nunca lleguen a su madurez, con lo cual se generan pérdidas en la productividad y la rentabilidad del cultivo.

**Tabla 7.** Priorización de la problemática de investigación en la Zona Suroccidental (2017-2019).

Prioridad	Actividad
1	Malogro de racimos.
2	Polinización en híbrido: necesidad de alternativas de polinización y aplicación líquida. Establecer parámetros reproductivos del híbrido (Polinización natural e insectos asociados - comportamiento de polinizadores, calidad del polen). Estudios de morfología y desarrollo floral.
3	Manejo nutricional de palmas OxG (4-8 años).

**Figura 3.** Comportamiento del malogro de racimos en dos lotes de tres plantaciones en la Zona Suroccidental

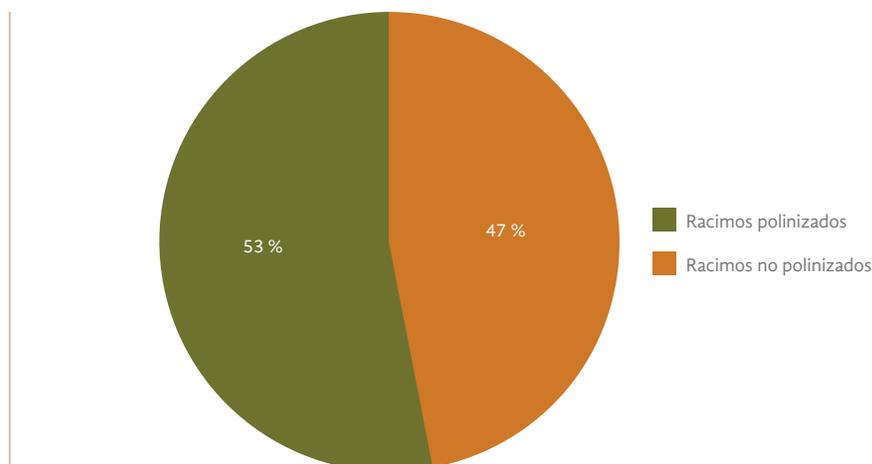


En el caso de la Zona Norte (Tabla 8), donde actualmente la PC hoja clorótica se constituye como la principal limitante del cultivo, es pertinente registrar el balance hídrico anual para hacer seguimiento a las condiciones climáticas y así poder tomar las decisiones adecuadas en cuanto a los requerimientos de riego o drenaje. Más allá del dato anual, es necesario contar con un balance hídrico diario que permita contar con información precisa y trazable. Con la PC hoja clorótica, para las condiciones de la

Zona Norte se hace necesario manejar el drenaje, la aireación del suelo y conocer su impacto sobre el comportamiento de cualquier enfermedad.

Además de lo anterior, para los productores de la Zona Norte resulta relevante saber sobre la eficiencia de los distintos métodos de riego (Tabla 9), con el fin de conocer la eficiencia del sistema de riego que se utiliza en sus plantaciones y determinar si es el adecuado.

**Figura 4.** Cuantificación de la eficiencia de la polinización en un lote ejemplo (Zona Suroccidental).



**Tabla 8.** Priorización de la problemática de investigación en la Zona Norte (2017-2019).

Prioridad	Actividad
1	Hoja clorótica y su relación con las condiciones físicas de suelos y con los factores agrícolas (riego y drenajes).
2	Determinación del requerimiento hídrico, manejo de cuencas y adaptación de diferentes sistemas de riego en palma de aceite (escasez de agua, cambio climático, cosecha de agua).
3	Manejo de la Pudrición basal del estípite (diagnóstico temprano, agente causal, proceso infeccioso, manejo, relación con el daño de <i>Strategus aloeus</i> ).

**Tabla 9.** Rango de eficiencia de diversos sistemas de riego.

Método de riego	Rango de eficiencia
Surcos	0,5 – 0,7
Melgas	0,6 – 0,75
Inundación	0,3 – 0,4
Aspersión	0,65 – 0,85
Microaspersión	0,7 – 0,85
Goteo	0,75 – 0,95

En condiciones de amenaza fitosanitaria, es válido considerar cuál es el método que mejor contribuye a manejar las enfermedades de la palma y conocer qué implicaciones tiene el uso de métodos de riego ineficientes. Lo anterior es relevante al tener en cuenta que la PC empieza a manifestarse en zonas donde hay problemas de humedad, por lo que, seguramente, es necesario pensar en cambiar o hacer el tránsito hacia métodos de riego más eficientes.

Unido con los temas de riego y drenaje, también es necesario medir la fluctuación de los niveles freáticos y cómo las labores de drenaje que se ejecuten contribuyen a que la palma tenga por lo menos 50 cm de profundidad efectiva en el suelo. Se conoce también el impacto de un mal drenaje en algunas variables nutricionales (Figura 5).

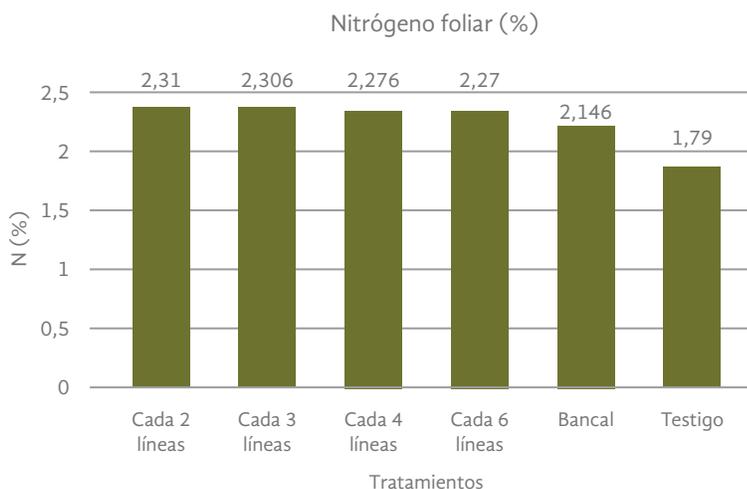
En el caso de la Zona Oriental (Tabla 10), se cuenta con experiencias en manejo de Marchitez sorpresiva (MS) y Marchitez letal (ML). Para combatir ambas enfermedades las coberturas son muy

importantes, ya que los distintos tipos de coberturas presentan dinámicas igualmente diferentes en las poblaciones de insectos vectores que transmiten las enfermedades antes mencionadas. Para esta zona también se cuenta con resultados por mostrar (Figura 6), los cuales señalan que se puede reducir hasta cero la tasa de crecimiento de ML cuando se aplican las prácticas recomendadas.

Para el caso de la Zona Central (Tabla 11), donde los insectos defoliadores son asunto de interés, se insiste en la evaluación de la defoliación.

Es evidente el impacto de las variables nutricionales y del comportamiento de la defoliación, especialmente en lo que tiene que ver con la relación calcio-magnesio y la importancia de la defoliación y el peso medio de racimos (Figura 7). Al respecto, cabe mencionar que los resultados de investigación señalan que a mayor defoliación se genera un menor peso de los racimos, lo cual genera un impacto negativo al ser evaluado en condiciones comerciales.

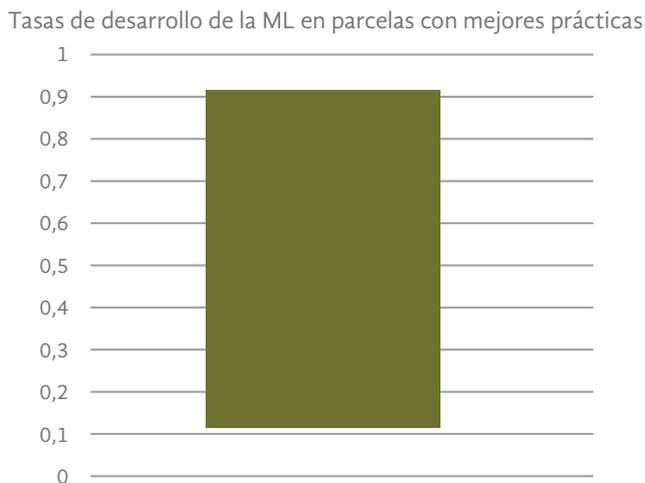
**Figura 5.** Comportamiento del nitrógeno (Hoja 9) bajo diferentes intensidades de drenaje en híbridos OxG.



**Tabla 10.** Priorización de la problemática de investigación en la Zona Oriental (2017-2019).

Prioridad	Actividad
1	Marchitez letal: diagnóstico temprano, manejo de la enfermedad en cultivos establecidos y en desarrollo, comportamiento de materiales, mejoramiento genético, identificación del patógeno y presencia del vector <i>H. crudus</i> en Maní.
2	Trabajos de investigación en tema de requerimiento hídrico y uso eficiente del agua (labores culturales).
3	Manejo integrado de plagas (control de plagas con entomopatógenos; <i>Loxotoma</i> , <i>Pleseobyrsa</i> , <i>Strategus</i> y mecanismos de control y equipos de aplicación).

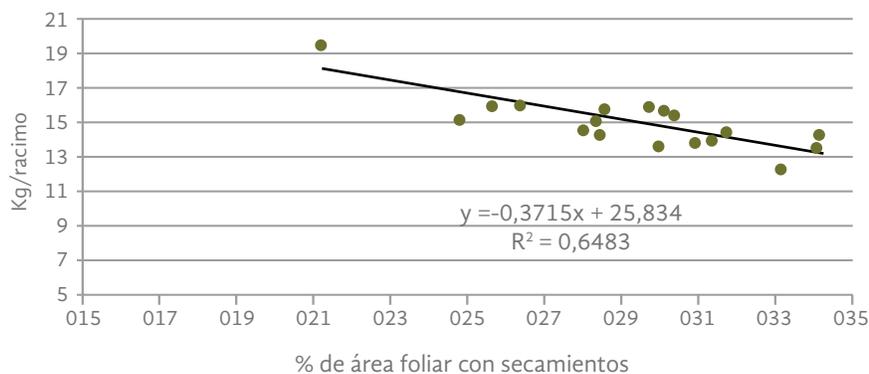
**Figura 6.** Efecto de las mejores prácticas de manejo en la tasa de desarrollo de ML.



**Tabla 11.** Priorización de la problemática de investigación en la Zona Central (2017-2019).

Prioridad	Actividad
1	Control biológico de plagas ( <i>Stenoma</i> , <i>Cephaloleia</i> , <i>Strategus</i> , <i>Demotispa</i> , <i>Rhynchophorus</i> , ácaros), identificación de enemigos naturales de plagas, operatividad de aplicación de controladores biológicos.
2	Evaluación de materiales <i>E. guineensis</i> con resistencia y grados de tolerancia de híbridos OxG a la Pudrición del cogollo.
3	Requerimientos hídricos en materiales híbridos y alternativas de riego para <i>E. guineensis</i> e híbrido OxG.

**Figura 7.** Relación entre el peso de racimos y el porcentaje de defoliación en palma de aceite.



Por otra parte, un componente que aplica a las cuatro zonas palmeras colombianas es la eficiencia de la nutrición, dada la importancia de este factor en el comportamiento de las enfermedades de la palma de aceite. Al respecto, se puede mencionar que es posible evaluar la eficiencia desde múltiples aspectos, sin embargo, existe una eficiencia fácilmente medible: la eficiencia en el balance de nutrientes, es decir, el porcentaje de nutrientes que se puede cuantificar con respecto al flujo de nutrientes en el sistema de la palma.

Sobre la eficiencia de la nutrición, es pertinente mencionar algunos factores que inciden en su determinación, por ejemplo: las coberturas, el tipo de material de siembra y las condiciones específicas del suelo; factores que juegan un rol importante en el manejo nutricional del cultivo. Con respecto al tema de la nutrición, es de señalar que Cenipalma ha desarrollado herramientas geomáticas que permiten garantizar el seguimiento sobre la cosecha de las palmas y que la nutrición efectuada llegue a todas las palmas de un cultivo.

A manera de referencia se presentan algunos resultados sobre el cálculo de eficiencias en la nutrición para una plantación de la Zona Central. Para el caso, por ejemplo, del potasio (Figura 8), se presentan variaciones entre 26 y 79 % para 10 lotes durante un periodo de tres años, con lo cual surgen cuestionamientos acerca de la eficiencia de la nutrición en determinadas zonas del cultivo en donde no se reportan los resultados esperados, aun cuando se implementan las mismas prácticas de manejo nutricional en toda la plantación. En el caso del magnesio (Figura 9), se registran valores que oscilan entre 43 y 87 %, señalando también oportunidades de mejora para el manejo del cultivo. Lo mismo ocurre en el caso de las variaciones de nitrógeno (Figura 10) y de fósforo (Figura 11).

Frente al tema de la nutrición de la palma de aceite, está muy bien documentado el efecto que tiene el aluminio en el desarrollo de las raíces de las plantas, la correlación que existe entre la longitud total de raíces de aluminio en el suelo y la densidad del sistema radical tiene que ver con la absorción del fósforo.

## Conclusiones

Es necesario insistir en que es posible realizar la medición de las problemáticas sanitarias que se encuentran presentes actualmente en el cultivo de palma de aceite en Colombia. La selección de datos clave con base en evidencia y su posterior aplicación a cada una de las situaciones particulares del cultivo permitirá

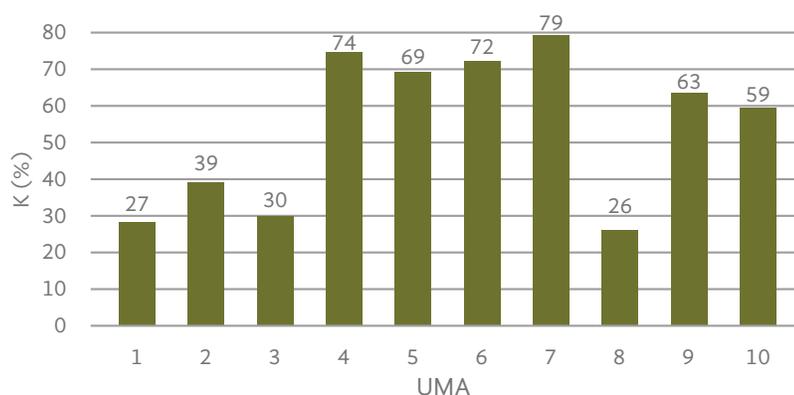
superar las limitantes que impactan negativamente a la palmicultura nacional.

La toma de decisiones en las plantaciones debe llevarse a cabo sobre la base de argumentos, no a partir de impresiones que pueden llevar a cometer errores. Con el registro del balance tecnológico, los datos sobre la eficiencia de la nutrición, la defoliación, la eficiencia en el riego y el comportamiento del drenaje de la plantación en términos de fluctuación en el nivel freático, como ejemplos de los datos clave a registrar en las plantaciones, es posible soportar la toma de decisiones estratégicas para el óptimo desarrollo del cultivo.

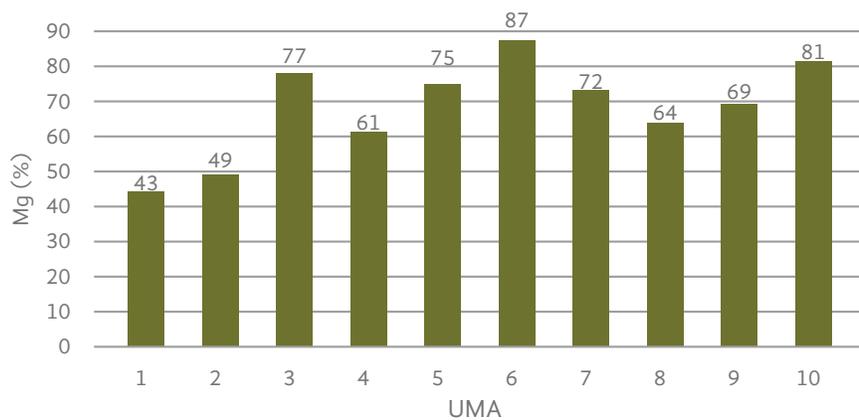
Finalmente, cabe mencionar que el seguimiento a lo esencial, es decir, aquellos factores que realmente impactan la sanidad del cultivo y su productividad, debe configurarse como una buena práctica de manejo de una plantación. Se insiste en el tema de las plagas. Es posible gastar X cantidad de dinero en el manejo de las plagas, pero lo realmente importante es que no se registre una alta tasa de defoliación.

Por último, pero no menos importante, el enfoque de la sostenibilidad implica una visión general de la palmicultura en la que todo está relacionado entre sí: si se nutre bien un cultivo se produce más, se logra ser más eficiente, se tienen mejores condiciones de sanidad en las plantaciones y se obtienen mayores beneficios desde el punto de vista agronómico, con lo cual es también posible maximizar los beneficios ambientales y sociales asociados a la agroindustria de la palma de aceite.

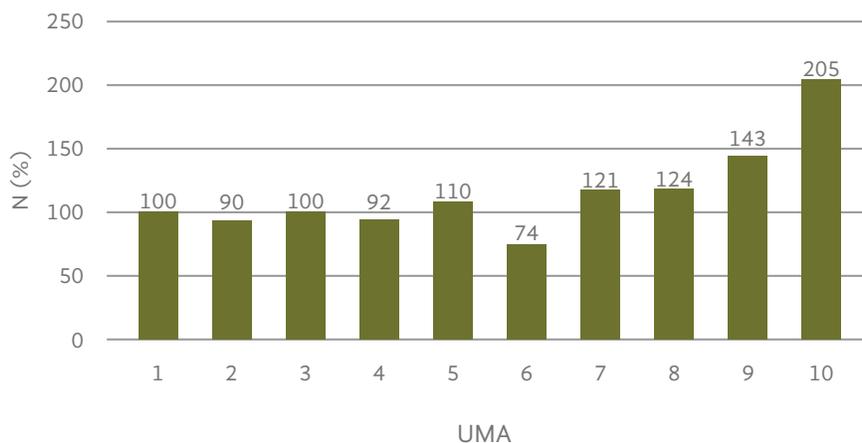
**Figura 8.** Eficiencia de la nutrición con potasio para 10 UMA.



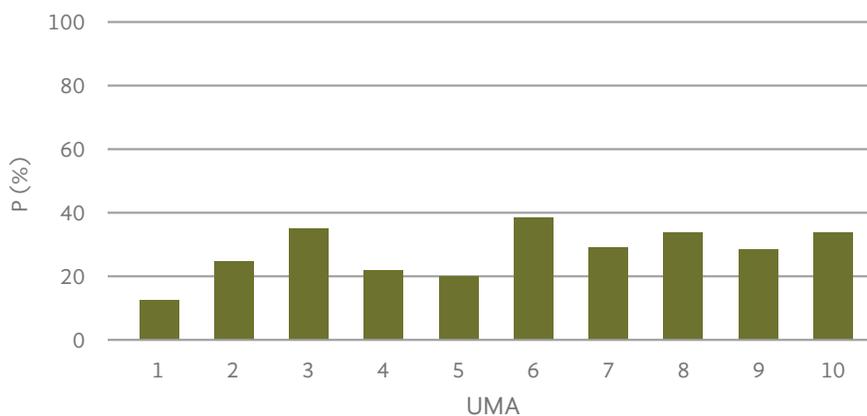
**Figura 9.** Eficiencia de la nutrición con magnesio para 10 UMA.



**Figura 10.** Eficiencia de la nutrición con nitrógeno para 10 UMA.



**Figura 11.** Eficiencia de la nutrición con fósforo para 10 UMA.



## Referencias bibliográficas

Arias, N., & Beltrán, J. A. (2010). *Diseño y evaluación del programa de manejo nutricional en palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma: guía para facilitadores*. Bogotá: Cenipalma.

- Balasundram, S. K., Robert, P. C., Mulla, D. J., & Allan, D. L. (2006). Relationship between oil palm yield and soil fertility as affected by topography in an Indonesian plantation. *Soil Sci. Plant Anal.*, 37(9-10), 1321-1337.
- Breure, C. J. (2010). Rate of leaf expansion: a criterion for identifying oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) types suitable for planting high densities. *NJAS Wageningen, J. Life Sciences*, 57(2), 141-147.
- Caliman, J. P., Southworth, A., Jatmika, A., Bangun, D., Asmono, D., Sutarta, E. S., ... & Poeloengan, Z. (1998). Effect of drought and haze on the performance of oil plan. In: *Proceedings of the international oil palm conference "Commodity of the past, today and the future"*, 23-25 September 1998. pp. 250-274.
- Carr, M. K. V. (2011). The water relations and irrigation requirement of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.): a review. *Exp. Agri.*, 47(4), 629-652.
- Corley, R. H. V., & Tinker, P. B. (2016). *The Oil Palm*. New York, NY, USA: John Wiley & Sons.
- Dufrene, E., Ochs, R., & Saugier, B. (1990). Oil palm photosynthesis and productivity linked to climatic factors. *Oleagineux*, 45(8-9), 345-353.
- Franco, P. N., Arias, A., & Beltrán, J. A. (2012). *Calificación del nivel tecnológico de las plantaciones de palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma: guía para facilitadores*. Bogotá: Cenipalma.
- Goh, K. J. (2000). Climatic requirements of the oil palm for high yields. In: Goh, K. (Ed.). *Managing Oil Palm for High Yields: Agronomic principles*. Kuala Lumpur: Malaysian Society of Soil Science and Param Agricultural Surveys.
- Harun, M. H., & Noor, M. R. M. D. (2002). Fruit set and oil palm bunch components. *Journal of Oil Palm Research*, 14(2), 24-33.
- Hartley, C. W. S. (1988). *The Oil Palm (Elaeis guineensis Jacq.)* London: Longman Group Limited.
- Henson, I. E. (2002). Oil palm pruning and relationships between leaf area and yield. A review of previous experiments. *Planter*, 78, 351-362.
- Olivin, J. (1986). Study for the siting of a commercial oil palm plantation. *Oleagineux*, 41(3), 113-118.
- Palat, T., Nakharim, C., Clendon, J. H., & Corley, R. H. V. (2008). A review of 15 years of oil palm irrigation research in southern Thailand, In: *Indian National Conference on Oil Palm*. Andhra Pradesh, India, pp. 537-545.
- Paramanthan, S. (2000). Soil requirements of oil palm for high yields. In: Goh, K. (Ed.). *Managing Oil Palm for High Yields: Agronomic principles*. Kuala Lumpur: Malaysian Society of Soil Science and Param Agricultural Surveys.
- Rao, V., & Law, I. H. (1998). The problem of poor fruit set in parts of East Malaysia. *Planter*, 74 (870), 463-483.
- Uexkull, H. V., Henson, I. E., & Fairhurst, T. (2003). Canopy management to optimize yield. In: Fairhurst, T., & Hardter, R. (Eds.). *Oil Palm Management for Large and Sustainable Yields*. Singapore: Potash & Phosphate Institute.