

Indicadores y eficiencia de la nutrición para la toma de decisiones

Indicators and Nutrition Efficiency for Decision Making

CITACIÓN: Arias-Arias, N. A. (2019). Indicadores de eficiencia de la nutrición para la toma de decisiones. *Palmas*, 40(4), 128-139.

NOLVER ATANACIO ARIAS ARIAS

Investigador Titular, Coordinador del Programa de Agronomía de Cenipalma

En este artículo se presentan algunas herramientas que facilitan y permiten analizar puntualmente lo que ocurre con ciertas variables en las plantaciones, con el objeto de identificar cuáles ya se realizan y cuáles más podrían llevarse a cabo en cada uno de los componentes del manejo agronómico, como parte de la búsqueda de la eficiencia. La importancia del tema radica en su relación con la producción, los costos y particularmente en la nutrición del cultivo. En este orden de ideas, las preguntas que desde las plantaciones podrían hacerse, son: ¿estamos tomando estos indicadores?, ¿es posible ejecutarlos? Esto cobra particular importancia en tiempos difíciles, teniendo en cuenta que la palma es de ciclos, y así como hay momentos de precios bajos y productividad reducida, también tenemos claro que se puede continuar, porque las buenas épocas siempre vuelven.

En esta primera parte repasaremos algunas variables a considerar en la nutrición del cultivo, ya que se trata de un proceso complejo y que requiere analizar la mayor cantidad de componentes posibles con el propósito de ejecutarlo en forma eficiente. En virtud de esta complejidad, en la medida en que se cuente con un conocimiento técnico, real y acertado; combinado con la experiencia de cada profesional encargado del proceso; será posible lograr un proceso más eficiente. En primer lugar, es relevante involucrar la importancia de las tierras y de las variables físicas del suelo que, aunque no es un asunto nuevo, es necesario tenerlo presente. También se hace referencia a la eficiencia de la nutrición en términos de variables químicas, teniendo en cuenta el suelo y la planta, así como también la eficiencia de la nutrición en términos de la relevancia de la diversidad y la biología del suelo.

Es pertinente mencionar que Cenipalma y Fedepalma promueven la existencia de cultivos de palma y plantaciones diversas. Y justamente gracias a esa diversidad, es que esos cultivos son más sanos, desde el punto de vista nutricional son más eficientes, y por tanto es necesario explorar sobre algunos indicadores que deberían incorporarse con respecto a la medición de la eficiencia y a los factores que la afectan.

Introducción

En primer lugar, es importante reconocer las variables a considerar en la nutrición del cultivo. Así, cuando se planea la nutrición de la palma, se tienen en cuenta cuatro componentes (Figura 1): el primero es el suelo, en sus variables físicas, químicas y biológicas. Debido a que casi siempre se hace énfasis en el tema de la química y se conoce bastante bien, es pertinente recalcar la importancia de aspectos como la física y la biología del suelo, ya que es justamente esa sumatoria la que determina la eficiencia de la nutrición.

Un segundo componente es la planta. Con respecto a esta es necesario tener en cuenta múltiples variables: conocer cómo funciona, su interacción frente a factores bióticos y abióticos y cuáles son sus requerimientos nutricionales. En ese aspecto, para el caso de la palma, se han logrado algunos avances sobre estas necesidades en los cultivares híbridos OxG y también sobre cultivares de *Elaeis guineensis*.

Un tercer componente es la interacción con el agroecosistema. Con respecto a las interrelaciones de las plantas con los factores bióticos, Cenipalma ha trabajado intensamente para determinar la forma en que los factores de física y química del suelo se relacionan

con enfermedades de la palma, especialmente con la Pudrición del cogollo (PC). De allí la importancia de conocer el ecosistema, de identificar las tierras donde se establece el cultivo, el ambiente y las condiciones climáticas. Especial relevancia tiene la vegetación acompañante, por tanto, es necesario enfatizar en el favorecimiento de la diversidad de los cultivos de palma, teniendo en cuenta que esta se puede asociar con más de 200 especies diferentes de plantas. En la medida en que la palma sea así de diversa, será posible desarrollar cultivos más saludables y sostenibles.

Y finalmente el cuarto componente es la gente. Hay que reconocer el valor de la gente, es necesario tener en cuenta los conocimientos con los que se cuenta, que nunca serán completos, pues siempre habrá nuevas preguntas en torno a temas de nutrición y a otras situaciones del sector, pero es importante establecer que esta es una industria en crecimiento.

A través de diferentes medios de divulgación ha sido posible conocer los avances que se han alcanzado en torno a los híbridos OxG, que se presentan como una excelente opción para algunas zonas del país y aunque hay importantes avances, aún hace falta entender muchos detalles sobre los comportamientos de las plantas *E. guineensis* y OxG, para que así mismo sea posible tomar las mejores decisiones.

Es fundamental conocer también sobre la disponibilidad de recursos, puesto que todas las decisiones técnicas deben pasar por un análisis económico. Así, en épocas de austeridad, uno de los rubros que más sufre es el que tiene que ver con la nutrición del cultivo, y es verdad que la palma aguanta, un año, tal vez dos, pero luego se tendrán impactos negativos en los rendimientos.

Figura 1. Componentes considerados para el manejo nutricional de la palma de aceite



Aunque es una realidad que hay decisiones económicas que se superponen a las técnicas, lo ideal sería lograr un consenso que permita llevar a cabo las acciones más adecuadas. Allí entra a jugar el principio de la proporcionalidad ¿Qué significa? Si los resultados obtenidos en la producción no son los esperados; si se planeaba llegar a 30 toneladas, pero solo se alcanzaron 20, la alternativa no es suspender totalmente la nutrición, sino nutrir para aquello que se logró, de no ser así, más adelante, la palma no tendrá producción disponible.

También es importante hacer seguimiento a los criterios de eficiencia y manejar indicadores para poder determinar qué se está haciendo bien, detectar si el fertilizante aplicado efectivamente es absorbido por la palma y en qué cantidades. Al cuantificar, es posible lograr algunas aproximaciones bastante válidas. Es importante tener en cuenta que las decisiones que se tomen generarán impactos técnicos, económicos y ambientales. Entonces, al nutrir adecuadamente la palma se impactará la productividad, si no se hace, los rendimientos disminuirán, y si se realizan nutriciones no adecuadas, estas se reflejarán también afectando el componente ambiental.

Tierras y variables físicas

En cuanto a la selección de tierras, en Cenipalma, desde finales de la década de los 90 se ha trabajado en el conocimiento de los suelos, ya que es allí donde comienza la eficiencia de la nutrición al permitir la selección de las mejores tierras para establecer el cultivo y también entender cuáles son sus limitantes.

Un estudio recientemente publicado en el cual participaron el Ministerio de Agricultura, Cenipalma y Fedepalma, presentó una zonificación de tierras aptas para el cultivo de palma de aceite en Colombia, allí se muestran alrededor de 5.000.000 millones de hectáreas consideradas como de alta aptitud. Sin embargo, hoy Colombia cuenta con un poco menos de las 600.000 hectáreas en cultivos de palma, lo que evidencia que hay una amplia oportunidad de crecer, de hacer mejor las cosas, pero antes de pensar en expansiones es fundamental optimizar al máximo el rendimiento de las áreas establecidas.

Extensas áreas aptas para el cultivo son una oportunidad con la que no cuentan muchos países que siem-

bran palma, como Malasia o Indonesia que no tienen área disponible para crecer, situación que no ocurre en Colombia. Desde Cenipalma se ha impulsado el conocimiento detallado del suelo, si bien se ha logrado una caracterización de tierras en una escala 1: 100.000, es necesario seguir avanzando para lograr una escala 1: 10.000, es decir, a nivel de estudios detallados, los cuales son la base para el diseño de Unidades de Manejo Agronómico (UMA), que necesariamente corresponden a suelos relativamente homogéneos, con igual cultivar (material de siembra) y año de siembra.

En una plantación la eficiencia empieza con el correcto diseño de las UMA. La pregunta es, ¿en la plantación existe el diseño y es el adecuado? Una respuesta positiva es el camino correcto para la eficiencia desde el punto de vista nutricional y tendrá impacto en los rendimientos. Ahora, en caso de que la respuesta sea negativa, es necesario empezar a rediseñar el estado actual para así incrementar la eficiencia de la fertilización, la cual puede representar cerca del 27 % de los costos totales de producción y tiene un alto impacto en la productividad del cultivo.

De la misma forma, dentro de las variables físicas es necesario conocer la fluctuación de los niveles freáticos, para determinar si en función de la aireación del suelo se restringirá o no el desarrollo de las raíces de la palma, puesto que esto genera un impacto tanto desde el punto de vista nutricional como en la predisposición a enfermedades. Es posible realizar un seguimiento diario para determinar cómo cambian los niveles freáticos en función de las precipitaciones, pero también cómo lo hacen frente la topografía del suelo (Figura 2).

De acuerdo con lo registrado en la Figura 2, es posible evidenciar que, por ejemplo, el pozo número 25 mantiene niveles freáticos altos, a menos de 25 centímetros de la superficie del suelo. Lo anterior resulta limitante si se tiene en cuenta que el cultivo de la palma debe contar con, por lo menos, 50 cm de profundidad efectiva. En estas zonas, a través de un estudio más detallado de seguimiento de niveles freáticos se determinó que hay sectores estresados y que allí se pueden presentar limitantes a la productividad, también es posible identificar zonas en las cuales las palmas son más susceptibles a la presencia de enfermedades como la PC.

De allí la importancia de realizar en las plantaciones el seguimiento minucioso a los niveles freáticos, especialmente en aquellas zonas donde se presentan problemas de drenaje; y en caso de no contar con este tipo de herramientas, es necesario profundizar en estos estudios y aunque no se trata de hacerlo para toda la plantación, es fundamental identificar aquellos

puntos críticos en los cuales se pueda avanzar, teniendo en cuenta que este es un recurso preventivo frente a problemas tan importantes como la PC.

Continuando con las variables físicas del suelo, es necesario evaluar la resistencia a la penetración. La Figura 2 muestra un ejemplo de una plantación en donde se tomaron muestras a diferentes profundidades.

Figura. 2
Seguimiento a los niveles freáticos- oportunidad y uso de datos.

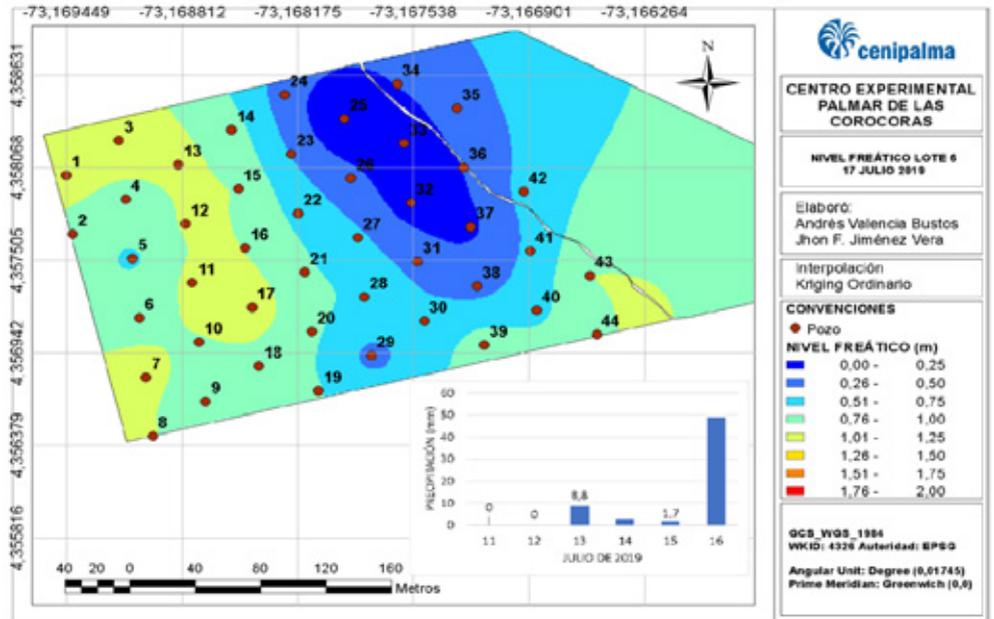
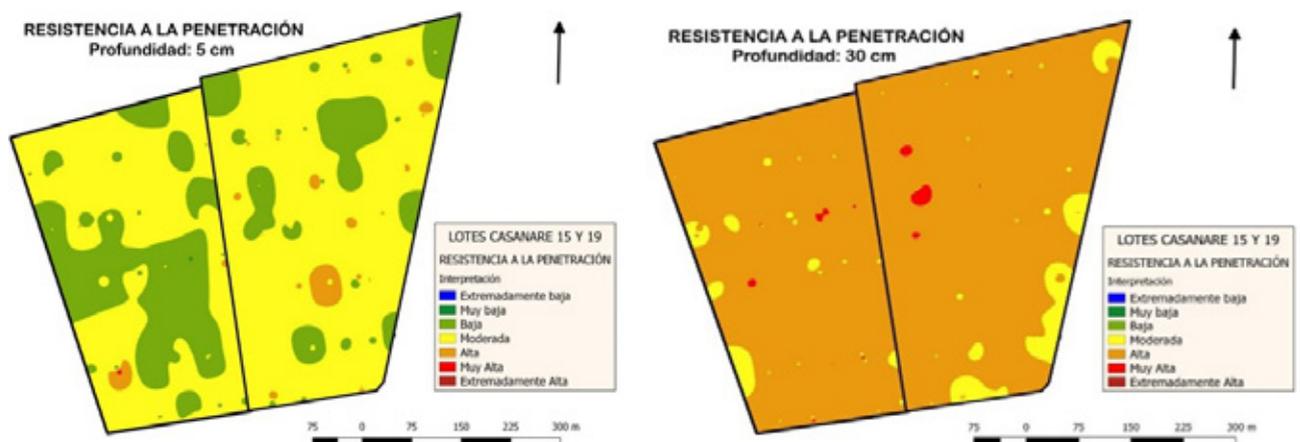


Figura 3. Seguimiento de la resistencia a la penetración del suelo en cultivos establecidos



Los colores más oscuros que van hacia tonalidades rojas representan lugares en donde podría haber restricciones al desarrollo de las raíces de la palma. Así, en estos dos lotes es posible apreciar cómo a partir de 30 cm se encuentra una zona donde hay limitantes. Esta información evidencia la utilidad del conocimiento sobre este tipo de restricciones, ya que no siempre producir más está ligado a la aplicación de una mayor cantidad de fertilizante. En general, impactar los rendimientos implica inicialmente establecer cuáles son las limitaciones que tienen las raíces de las plantas para obtener el máximo potencial productivo. También es importante analizar la resistencia a la penetración y la densidad aparente de los suelos.

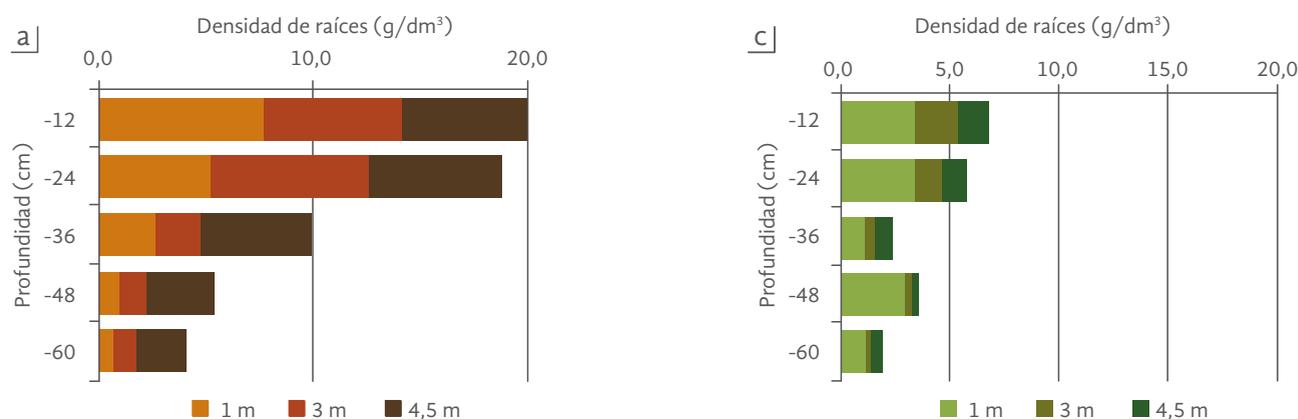
En cuanto a la resistencia a la penetración, aunque en general, para cultivos agrícolas se considera que valores menores a dos megapascales no son limitantes para el crecimiento de las raíces de las plantas, en los cultivos es frecuente encontrar valores próximos a cuatro megapascales, lo cual sería una limitante. Para una plantación, por ejemplo en Zona Norte (Figura 4), encontramos que en este suelo, la cantidad de raíces en términos de densidad es mucho menor, comparado con lugares donde no existe esta limitante, y de allí surge la pregunta, ¿estamos analizando, en nuestros cultivos, cómo se afectan las raíces debido a la resistencia a la penetración? Si la respuesta es sí vamos por buen camino, de lo contrario, es necesario comenzar a considerar este tipo de variables.

Tener menos raíces representa menores posibilidades de acceso al agua y a los nutrientes. En suelos de baja fertilidad, seguramente no contarán con suficientes nutrientes, pero sí con agua, ya que en general, en las zonas palmeras predomina el exceso de humedad. Si analizamos la resistencia a la penetración observaremos un comportamiento diferencial de las raíces y eso puede afectar la productividad.

Ligado con este tema, Ariyoh *et al.* (2018) trabajaron sobre el impacto de la densidad aparente en el desarrollo de las raíces en condiciones de vivero, y lo que encontraron fue que en cuanto a raíces primarias, cuando la densidad está en valores cercanos a 1,9 con respecto a un control con valores de 1,1 de densidad aparente, tenemos más de un 63 % de restricción de raíces primarias (Figura 5). Para las raíces finas o las raíces terciarias y cuaternarias, tenemos una reducción superior al 80 %, lo que nos lleva a preguntarnos, ¿afecta la densidad aparente el desarrollo de las raíces de las palmas? Sí, lo está haciendo, por ello es necesario identificar esta variable bajo las condiciones propias de cada plantación, y allí podría estar buena parte de la explicación sobre por qué no logramos los rendimientos esperados.

Hay que tener en cuenta que no necesariamente el impacto se logrará aplicando más fuentes de nutrientes u otro tipo de estrategias, sino determinando correctamente la parte física del suelo.

Figura 4. Densidad de raíces para dos suelos con diferente resistencia a la penetración



La conclusión es que es necesario intervenir estos suelos, por ello Cenipalma y otras instituciones se han concentrado en hallar las mejores formas para lograr la aireación de este, ya que no es suficiente removerlo, interviniéndolo de manera mecánica, sino que debemos garantizar la presencia de diversidad de plantas, para que la continuidad de lo que hacemos permanezca en el tiempo. De nada sirve realizar una intervención mecánica si no hay unas plantas que permitan conservar esa condición física deseada. Así que, uno de los factores diferenciadores de la palma de aceite en Colombia debe ser la diversidad de plantas asociadas al cultivo, teniendo en cuenta el énfasis en temas nutricionales. Se han realizado importantes avances en manejo de plagas y enfermedades, en variables químicas tanto del suelo como de la planta y ahora es momento de dirigir esfuerzos también hacia las variables físicas y de biología del suelo.

Eficiencia de nutrición. Variables químicas del suelo y la planta

Luego de más de ocho años de investigación sobre los requerimientos nutricionales de cultivares OxG; se han encontrado que hay diferencias sustanciales en cuanto a las decisiones nutricionales. Una de ellas tiene que ver con los niveles críticos o de referencia en el tejido foliar. A manera de ejemplo, para el caso del potasio (K), en *guineensis* en una palma adulta, es aceptado un nivel de referencia de 1,1 % de K en el tejido foliar, mientras que para híbrido OxG, podría estar alrededor de 0,7 % así que si se cumplen las condiciones que establecemos en la Tabla 1, y el objetivo fuese nivelar foliarmente esta palma con 160 kilos de materia seca y un nivel foliar bastante deficiente, esto equivaldría a que en *guineensis* habría que aportar 1,28 kilos de KCl (cloruro de potasio) por palma, mientras que en OxG serían solo 0,32 kilos de KCl por palma, una diferencia del 75 %.

Figura 5. Densidad aparente del suelo en el desarrollo del sistema radicular de la palma

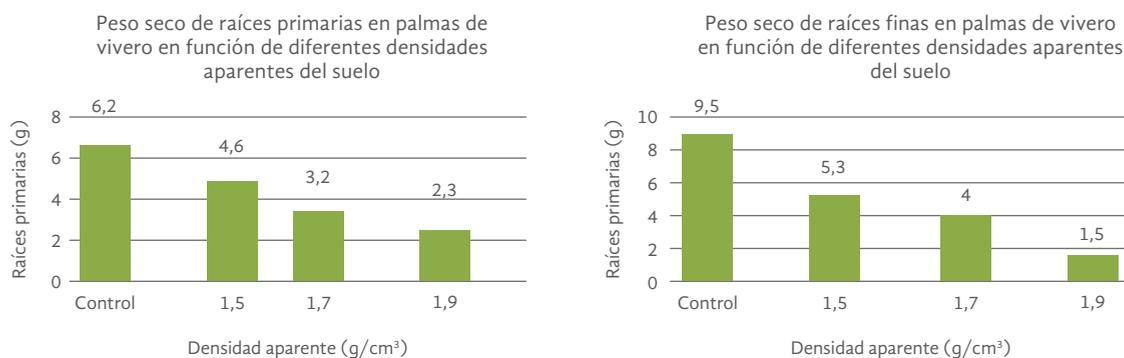


Tabla 1. Comparativo de requerimientos para nivelación foliar de K en cultivares *guineensis* y OxG.

	<i>guineensis</i>	OxG
Nivel de referencia (% M. S)	1,00	0,70
Materia seca foliar	160	160
Nivel foliar K (%)	0,6	0,6
Requerimiento (160 kg)	0,64	0,16
KCl (kg/palma)	1,28	0,32
Diferencia (%)		25

Se trata de resultados de ocho años de investigación que están respaldados con análisis y seguimientos. En el caso de cultivares *guineensis*, se ha visto el efecto al tratar de subir el nivel foliar de potasio; en los cultivares híbridos no ocurre, mientras que las productividades sí lo hacen. El incremento exponencial de las dosis de potasio en híbridos deprime la producción. Los cultivares OxG responden a la combinación correcta de nitrógeno y potasio, y con la obtención de datos de referencia en niveles críticos podemos ser más eficientes.

De acuerdo con esto, en cada una de las plantaciones, teniendo como base la información que se ha recopilado, es posible establecer análisis más puntuales. Si bien existen tablas de referencia mejorables, es posible tener algunas tablas ajustadas a diversas situaciones, teniendo en cuenta las particularidades del ecosistema, y de esa forma lograr ser más eficaces.

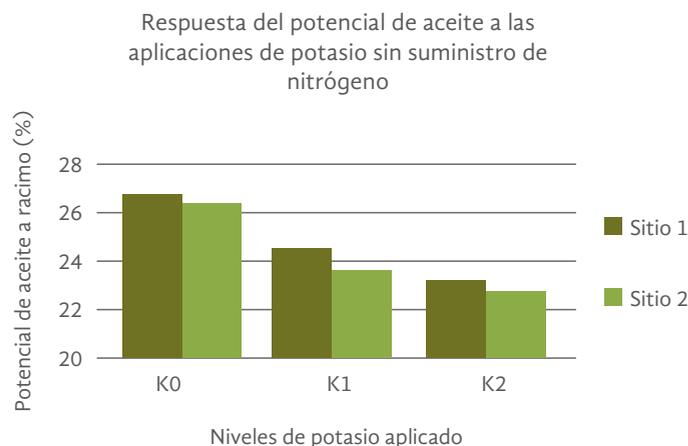
Por ello, es importante tener claridad que dicha eficiencia está ligada a lograr el potencial productivo que la palma requiere. En un ensayo realizado para encontrar la dosis óptima de potasio, (g/palma/año) para los tres primeros años de siembra, (Sudradjat *et al.*, 2018) se evidencia que desde cero hasta una dosis superior a dos kilogramos de KCl por palma en el año tres, se obtendrán respuestas en términos de área foliar. Así para este año, debería manejarse una dosis superior a dos kilogramos de KCl por palma, lo que nos permitirá lograr altos rendimientos, teniendo en cuenta condiciones de suelo de baja saturación de bases, que son predominantes en las plantaciones de palma de aceite en Colombia.

Es importante saber que si un nutriente se encuentra en déficit y se espera alta productividad, las aplicaciones de este no deben ser escasas, sino más bien, acordes al potencial productivo, de allí que actualmente no es irreal la obtención de 20 toneladas por hectárea de RFF en el primer año de cosecha, cuando hacemos referencia a cultivares *E. guineensis*. Esa cifra debería ser la media, pero es necesario reconocer que esa capacidad está ligada a un manejo adecuado de la nutrición, de selección de tierras y de palmas, asegurando que aquellas que vayan al campo, sean las de mayor potencial productivo.

Ahora, en época de restricciones presupuestales es necesario tener en cuenta si el agronegocio se centra exclusivamente en producir racimos. Lo anterior, especialmente para aquellas empresas que cuentan con una planta extractora, en las cuales el negocio debería ser la producción de aceite. En Cenipalma se ha avanzado hacia metodologías que permitan la evaluación del potencial real de aceite. El indicador no es producir 30 toneladas por hectárea, debería ser, tanto para campo como para plantas de beneficio, cuántas toneladas de aceite se producen en una hectárea y a qué costo.

Con respecto al potencial de aceite (Teo, C. B. *et al.*, 1998) (Figura 6) muestran que al aplicar dosis más altas de potasio en ausencia de nitrógeno, se deprime. Pero si junto al potasio aplican también una dosis suficiente de nitrógeno, el efecto ya no es tan marcado. Es claro que el potasio tiene que ver con el peso de los racimos y los rendimientos, pero también se conoce que un exceso afecta la extracción de aceite, que finalmente debería ser el foco del agronegocio.

Figura 6. Relación entre dosis de potasio, nitrógeno y potencial de aceite



El indicador de aceite por hectárea será un fuerte incentivo a las mejores prácticas agronómicas, seguramente este será un paso a mediano plazo, pero sin duda es la meta.

Así que más que la aplicación de un nutriente particular, importa el balance total de nutrientes que es lo que finalmente impactará en el resultado de la producción de aceite por hectárea. También es necesario considerar aspectos como el fuerte déficit hídrico que afecta buena parte de nuestro país, evidenciando la variabilidad climática. El 2019 ha sido el más seco de los últimos diez años y eso se ha visto reflejado en la falta de agua en las plantaciones. En virtud de esto, la recomendación es entonces, elaborar pronósticos reales de lo que se espera en los cultivos. Un semestre antes la palma muestra, con una certeza superior al 95 %, cuánto es capaz de producir, los 6 meses restantes del año deben analizarse en función de qué ha pasado en los 8 o los 24 o los 36 meses atrás. Así que en la búsqueda de la eficiencia es necesario conocer de manera certera cuál es el estimativo real de producción, y para ello se requiere de labor de campo y minucioso análisis de las variables climáticas, ya que tienen un impacto fuerte en el resultado.

Es preciso entonces ser cuidadosos con el recurso hídrico. Hay que regar de manera adecuada y mejorar el sistema de drenaje de las plantaciones, evitando así no solo el estrés causado por la falta de agua, sino aquel que se presenta durante siete u ocho meses en algunas zonas del país.

Eficiencia de nutrición. Diversidad biológica del suelo

En cuanto a diversidad y biología del suelo es importante comprender que en él habitan organismos que logran que la nutrición sea más eficiente. Por ejemplo, existen bacterias que ayudan a solubilizar el fósforo presente en este (Situmorang *et al.*, 2015). Esa es una particularidad que hemos estudiado evaluando el impacto que ocasiona en la nutrición de la palma. Sin embargo, hay que tener en cuenta que existen poblaciones nativas de microorganismos que deben ser proliferados, que necesitan que les brindemos las condiciones adecuadas para que prosperen y esto lo logramos recurriendo a la diversidad de plantas asociadas al

cultivo. Por ejemplo, conocemos bastante bien el efecto de las bacterias fijadoras de nitrógeno, al punto que incluso en cultivos de 25 a 30 años pueden generar un aporte importante, ayudándonos a reducir las dosis de este nutriente en la palma.

El estudio de estos microorganismos ha revelado que en condiciones de vivero (Istina *et al.*, 2014), la aplicación de cierto tipo de hongos es capaz de incrementar hasta un 7 % el peso seco de la palma, además logra aumentar hasta un 10 % la absorción de fósforo. Así, se puede determinar que ciertas bacterias solubilizadoras de fósforo funcionan bien en este entorno. Más importante que pensar en la aplicación de cierto producto, es fundamental determinar cuáles son las condiciones que favorecen aquella fauna y flora ya existente en la plantación.

Otro recurso útil es la incorporación de residuos orgánicos sobre la biomasa bacteriana. Así, al cuantificarla en tres sitios de muestreo (Mohd *et al.*, 2013) en cultivos de palma, sin residuos orgánicos, los valores son inferiores que cuando se hace la medición en lotes con residuos orgánicos, en este caso racimos vacíos. La sugerencia es entonces incentivar que se recicle y se produzca la mayor cantidad posible de biomasa en las plantaciones. Por otra parte, se conoce bastante bien lo que pasa con las coberturas de leguminosas y las cantidades de biomasa y nutrientes que son capaces de aportar (Ng *et al.*, 2006), entonces si se busca incrementar la biomasa microbiana presente en el suelo, un primer paso consiste en incentivar la producción de residuos orgánicos provenientes tanto de coberturas como del reciclaje de la palma misma.

Estudios han evidenciado que la diversidad biológica varía dependiendo del sitio de muestreo (Ng *et al.*, 2006). Las cifras difieren cuando se analizan lugares como la calle, el plato, el borde del plato o las paleras de la palma. Allí se puede determinar que la zona de mayor concentración de nutrientes es el plato, esto debido a las aplicaciones continuas que se hacen de fertilizantes, sin embargo, no es en ese lugar en donde se encuentra la mayor diversidad, ya que esta se asocia a la presencia de biomasa en el suelo.

Así, dependiendo del punto elegido para el muestreo se encontrará diversidad de biomasa, por ello es importante procurar que la mayor cantidad de área se parezca a la calle de tráfico. Evidentemente cerca a

la palma se hallan sitios donde existe cierto nivel de compactación, pero ojalá esa proporción de área sea la menor posible.

Otro punto a tener en cuenta es que los microorganismos del suelo necesitan condiciones favorables y que los residuos orgánicos no hacen milagros. Características adecuadas como abundancia de especies vegetales y humedad, logran que los residuos prosperen, por ejemplo, pueden hacer presencia hongos en inflorescencias y en hojas podadas de la palma. Por otra parte, una condición no adecuada es aquella en donde encontramos afloramiento rocoso, así la palma esté rodeada de una aplicación de biomasa, allí no existen características favorables y es que en condiciones de déficit hídrico habrá afectación de esa biomasa microbiana, además, el uso y el abuso de herbicidas pueden llegar a afectar la población de bacterias y organismos deseables en el suelo.

Tenemos resultados de un estudio (Mohd *et al.*, 2013) en donde se ha evaluado en condiciones de laboratorio, cuál es el porcentaje de inhibición del crecimiento de bacterias asociado con la aplicación de 4 herbicidas en 3 dosis. Se aplicaron dosis de 0,5, 1,0 y 1,5, tanto en la población de bacterias como en la de hongos deseables en el suelo. Como resultado, en todos los casos se presenta un porcentaje de inhibición que, si bien es temporal, ya que puede durar de 10 a 20 días, si reduce la población deseable. El aprendizaje en este caso radica en que, aunque se pueden utilizar los herbicidas, lo más recomendable es hacerlo en la menor proporción y frecuencia posibles. Hay datos que evidencian la afectación a la población bacteriana del

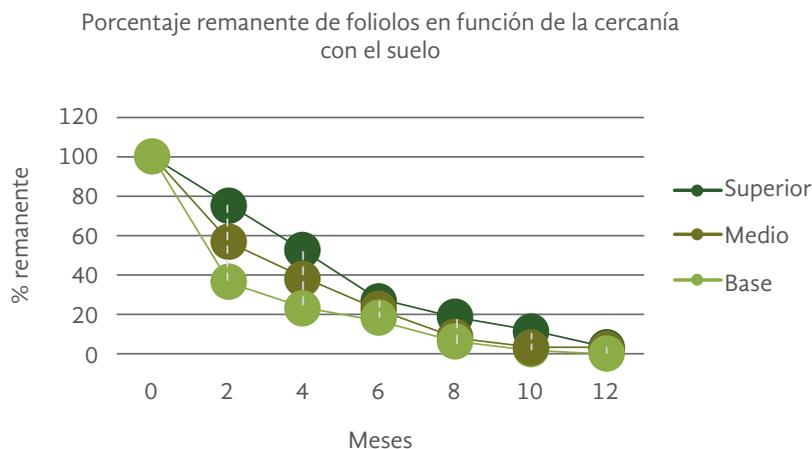
suelo, aunque también podrían llegar a alterar el desarrollo de las raíces del cultivo.

Algo que sabemos, pero que me gustaría reiterar, es el aporte de biomasa por las coberturas. Tenemos un estudio que evidencia la obtención de hasta 17 toneladas de materia seca por hectárea, usando coberturas de leguminosas (Ng *et al.*, 2006). La biomasa más económica es aquella que se puede producir y reciclar en la plantación y con la palma se tiene esa enorme oportunidad. Eso sumado a su impacto en variables biológicas, físicas y químicas del suelo, lo convierten en un recurso importante.

También debemos tener en cuenta que, aunque normalmente utilizamos racimos vacíos y tusas, recientemente y dependiendo del proceso que se maneje en la planta, las tusas se prensan. Así, al verificar la cantidad de nutrientes que aportan estos racimos vacíos, esta es mucho menor cuando la tusa esta prensada, y eso es importante tenerlo en cuenta al momento de incorporarlo en los programas de manejo nutricional. Se detectó alrededor de un 40 % menos de potasio, al ser comparado con una tusa que no ha sido prensada.

Respecto a la tasa de descomposición de residuos (Figura 7), es aconsejable revisar los procesos y determinar la necesidad o no de triturarlos, puesto que los macro y microorganismos a los seis meses ya han degradado más del 80 % de los foliolos y alrededor de un 60 % de los raquis de esas hojas. De acuerdo con esto, no es necesario invertir energía en algo que los organismos del suelo son capaces de hacer, obteniendo un mayor efecto benéfico en el mediano plazo.

Figura 7. Tasa de descomposición de foliolos en condiciones de cultivos de palma de aceite



También se ha estudiado el comportamiento de la humedad y la diversidad bajo la aplicación de racimos vacíos (Kheong *et al.*, 2010). Para ello se ha utilizado un indicador que es índice de Shannon, que evalúa la diversidad de especies, más que el número presente de ellas. Se considera que por encima de dos es un valor apropiado, aunque para la palma este índice varía, en el caso que tomamos como ejemplo, la aplicación de racimos vacíos evidenció un crecimiento en el primer mes, pero para el mes doce, ya había llegado a sus límites más bajos, lo que revela el periodo de influencia de las tusas. También hay un impacto en el agua del suelo que es particularmente importante en los primeros 15 cm de la superficie. Hemos logrado una ganancia de humedad importante, debemos considerar que los racimos vacíos son útiles en la medida en que facilitan la retención de humedad en el suelo. Preguntémonos también qué tan relevantes son todas estas coberturas al momento de evitar los procesos de escorrentía y lixiviación.

Mediciones de eficiencia y condiciones que la afectan

Finalmente, en cuanto a la medición de eficiencia de la fertilización y a las condiciones que la afectan, hay tres valores de referencia que deberíamos medir en las plantaciones. Primero, eficiencia de la absorción. Si se aplica un kilo de nutriente a la planta, cuántos kilos efectivamente se recuperan en el sistema, tanto en la planta como en la producción de racimos. Segundo, la eficiencia agronómica. En este caso, es necesario contar en las plantaciones con las llamadas parcelas de omisión, que facilitan determinar el impacto real de la aplicación de un nutriente. Puede ser que se apliquen nutrientes “de lujo”, puesto que el suelo es capaz de aportarle nutrientes a la palma y eso solamente se cuantifica cuando existen este tipo de parcelas. Así, si por ejemplo los suelos tienen altas concentraciones de calcio o de magnesio y estos aparecen en el tejido foliar y no hay restricción en la productividad, seguramente no se deberá suministrar más, y esta realidad se evidencia gracias a las parcelas de omisión.

El tercer valor de referencia es la eficiencia fisiológica, es decir, conocer cuánta cantidad adicional de

producción se obtiene por cada kilo de fertilizante suministrado, para de esta manera determinar si se está invirtiendo adecuadamente estos recursos que representan alrededor del 27 % de los costos totales de producción del cultivo.

Trabajemos ahora el proceso de cálculo con un ejemplo de un experimento realizado con fuentes de potasio en donde se aplicaron 130 kilos por hectárea. Recordemos que es necesario contar con una parcela de omisión, para determinar qué ocurre cuando no aplico este mineral. Se incrementó la producción en 7 toneladas de racimos, equivalentes aproximadamente a 1.500 kilos de aceite. El cultivo tomó 100 kg de potasio, esto en desarrollo vegetativo y producción y si quisiéramos calcular estas variables tendríamos que la eficiencia de la absorción fue del 67 %. Si comparamos lo tomado *versus* lo aplicado, la eficiencia fisiológica sería de 15 kg de aceite por cada kilo de potasio tomado y la eficiencia agronómica sería de 11 kg de aceite por cada kilo de potasio aportado. Al monetizar los resultados podemos comprobar que estamos frente a una condición rentable. No debe quedar ninguna duda respecto a que nutrir bien la palma es un buen negocio.

Es importante tener en cuenta que, aunque diagnosticuemos correctamente, es vital aplicar los fertilizantes en el lugar adecuado, porque este puede quedar expuesto a ser lavado y lixiviado. De allí la relevancia de procesos de aplicación y supervisión, de verificar constantemente que se apliquen correctamente las dosis en campo. En este punto es necesario tener claridad sobre el tipo de cobertura que tenemos en la plantación. Pensemos en dos escenarios. Uno con alta presencia de coberturas deseables como leguminosas y plantas de hoja ancha y otro en donde predominen gramíneas.

El resultado que arrojan los estudios que se han desarrollado en el marco de algunas investigaciones sugiere que cuando aplicamos fertilizantes en condiciones de alta presencia de gramíneas, se puede inmovilizar 108 % del nitrógeno, 22 % del fósforo, 72 % del potasio y 67 % del magnesio, nutriendo las gramíneas y eso afecta la eficiencia de la toma de nutrientes del cultivo, de allí la importancia de considerar todas las variables del programa de nutrición, puesto que determinan el éxito o no de lo que hacemos.

También hay tener en cuenta la relevancia de las coberturas en dos variables como la lixiviación y las escorrentías en las plantaciones. Trabajemos sobre un ejemplo que nos permita determinar qué tanto suelo se pierde en toneladas por hectárea, para cuatro años de evaluación (Hasim, 2003). En función del nivel de cobertura, se determinó que es posible perder cerca de 100 toneladas por hectárea de suelo asociadas con una baja cobertura, y es que no solamente se va el suelo que es nuestro principal recurso, se van los nutrientes, los organismos que deseamos y se pierde la materia orgánica del mismo.

Esta situación también tiene que ver con el nivel de escorrentía, que es el agua que no se asienta en el suelo, que se arrastra y allí la diferencia puede ser que, para un año en condiciones de altas precipitaciones, superiores a 3.000 milímetros anuales, podríamos enfrentar hasta 400 milímetros de escorrentía, mientras que en condiciones de baja cobertura podemos tener más de 1.400 milímetros de agua circulando libremente sobre la superficie del terreno.

Cuando se quedan 1.000 milímetros más de agua en el suelo de la plantación, sin duda se trata de una ganancia importante, aunque alguna parte se pierda por procesos de percolación profunda, otra quedará disponible para el cultivo, de allí la importancia de las coberturas, en la conservación de nuestro recurso máspreciado.

También es necesario tener en cuenta cómo realizar mejores prácticas agronómicas. En este caso, en un ensayo recientemente publicado, se evidencia el impacto que esta práctica tiene en el tejido foliar, en el raquis y en el estipe. Allí se pueden ver los resultados positivos, en el estipe por ejemplo, permite recuperar 17 % más de nitrógeno, 20 % más de fósforo y alrededor de 28 % de potasio.

Por ello es importante tener presente que las mejores prácticas agronómicas (MPA) tienen que ver con el fraccionamiento, la cobertura del suelo, la aplicación de nutrientes en épocas oportunas, lo que supone conocer cuáles son las ventanas de aplicación en función

de las condiciones de nuestra plantación. Los resultados alcanzados tras estos procesos pueden cuantificarse obteniendo datos que revelan que somos más eficientes cuando aplicamos mejores prácticas y que la diferencia es del 10 % a favor del nitrógeno, del 0,5 % en el caso del fósforo y del 18 % en el caso del potasio. La ventaja de obtener estas mediciones y ponerles números, es que con base en ellos, se podrán tomar mejores decisiones.

Sin duda, la búsqueda constante de alternativas para fortalecer el tema de la eficiencia de la nutrición de la palma nos lleva a pensar en las UMA como una opción en la cual Cenipalma ha trabajado bastante, concentrándose en el conocimiento de las tierras, de los suelos y de nuestros cultivares, así como de sus diferentes comportamientos fisiológicos.

Para cerrar, planteémonos esta inquietud, ¿qué es primero, la física, la química o la biología del suelo? Si debiéramos priorizar, es necesario tener en cuenta que uno de los factores que condiciona la química y la biología del terreno es la física y por eso deberíamos prestarle mayor atención. Esta es una invitación a construir y a seguir de cerca los indicadores. Y es que estamos seguros de que es mucho más valiosa la aproximación al dato que la inexistencia de este. Calcular valores reales y cercanos al concepto de eficiencia requiere experimentos, pero desde las plantaciones podemos concentrarnos en determinar de qué manera estamos llevando a cabo los procesos de eficiencia. Hay que tener en cuenta que la diversidad es clave para lograr esa eficacia. Plantearse la posibilidad de hacer que los cultivos sean más diversos, no solo teniendo en cuenta todas las variables presentadas y el trabajo investigativo de Cenipalma, sino observando las experiencias positivas de los otros.

Finalmente es necesario tomar decisiones basadas en el soporte técnico y en el seguimiento de parámetros construidos mediante el análisis de las experiencias de otros, gracias a los cuales lograremos condiciones locales que facilitarán obtener mayor eficiencia respecto a la nutrición.

Bibliografía

- Ariyoh, L. E. (2018). Effect of soil compaction on growth of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seedlings (tesis de maestría inédita). Nigeria: Universidad de Benín, Benin City, Edo State.
- Istina, N., Widiastuti, H., Joy, B. & Antralina, M. (2015). Phosphate-solubilizing microbe from saprists peat soil and their potency to enhance oil palm growth and P uptake. *Procedia Food Science*, 3, 426-435. Recuperado de www.sciencedirect.com
- Kheong, L., Rahman, Z., Hanfi, M., & Hussein, A. (2010). Empty fruit bunch application and oil palm root proliferation. *Journal of Oil Palm Research*, 22, 750-757.
- Mohd, N., Mohamad, R., Sijam, K., Morshed, M & Awang, Y. (2013). 1 Effects of selected herbicides on soil microbial populations in oil palm plantation of Malaysia: A microcosm experiment. *African Journal of Microbiology Research*, 7(5), 367-374. Recuperado de <http://www.academicjournals.org/AJMR>
- Tao, H., Snaddonb, J., Sladea, E., Hennerond, L. Caliman, J. & Willis, K. (2018). Application of oil palm empty fruit bunch effects on soil biota and functions: A case study in Sumatra, Indonesia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 256, 105-113.
- Tao, H., Slade, E., Willis, K., Caliman, J. & Snaddon, L. (2016). *Effects of soil management practices on soil fauna feeding activity in an Indonesian oil palm plantation. Agriculture, Ecosystems & Environment*, 218(15), 133-140.
- Teo, C., Chew, P., Goh, K. & Kee, K. (1998). *Optimizing return from fertilizer for oil palms: an integrated agronomic approach*. Paper presented at the IFA Regional Conference for Asia and the Pacific, Hong Kong, China.
- Singh, D., Arifin, A., Radziah, O., Shamshuddin, J., Abdul-Hamid, H., Majid, M., Zahari, I., Halizad, N., & Kah, C. (2013). Evaluation of soil biological properties of 9- and 15- year-old stands in the oil palm plantation in Perak. *Malaysia African Journal of Agricultural Research*, 8(29), 3904-3910. Recuperado de <http://www.academicjournals.org/AJAR>