

# Caracterización de las variables de crecimiento, niveles foliares y de rendimiento en dos materiales genéticos de palma OxG y DxP en diferentes edades de desarrollo de la plantación Guaicaramo S.A.



## Gustavo Rosero Estupiñán

Ingeniero Agrónomo Líder  
del área de Investigación  
Guaicaramo S.A.

## Libardo Santacruz Arciniegas

Ingeniero Agrónomo Gerente  
plantación Guaicaramo S.A.

## Álvaro Cristancho Rodríguez

Ingeniero Agrónomo Gerente  
Técnico Mejisulfatos

Durante la XI Reunión Técnica  
Nacional de Palma de Aceite

Septiembre 24 de 2013

## Resumen

El híbrido de palma de aceite *Elaeis oleifera x Elaeis guineensis* (OxG) ha sido plantado como una de las principales alternativas de renovación frente a los problemas fitosanitarios que actualmente se presentan en la palmiticultura colombiana. En los últimos años se han dado avances importantes con respecto a la fenología, estados de maduración de los racimos, mejores alternativas de polinización y se han iniciado estudios de los requerimientos nutricionales del cultivo, sin embargo no hay resultados contundentes.

El presente trabajo contrasta dos materiales sembrados comercialmente en diferentes edades de desarrollo y busca determinar el comportamiento de su crecimiento, y su importancia en la toma de decisiones en el manejo apropiado de la nutrición en el cultivo de la palma de aceite.

Se pudo observar que el material OxG presenta mayores valores promedios en las variables de crecimiento largo de raquis, área de hoja, área del dosel, peso seco del dosel e índice de área foliar; los niveles foliares de N y P expresados en valores porcentuales en la hoja mostraron poca variabilidad al contrastar los dos materiales y edades, a diferencia del Ca, Mg y B; pero cuando los nutrientes son expresados como contenidos acumulados en la hoja presentan valores mayores en el material OxG en comparación con el material DxP.

Se encontraron correlaciones altamente significativas entre las variables de crecimiento y los nutrimentos almacenados en la hoja con la producción, y conformaron el primer componente con una explicación del 50 % de la variabilidad total; los anteriores resultados muestran la importancia de realizar el seguimiento de variables vegetativas y que al analizarlas con las otras variables se pueden hacer ajustes a los planes integrados de nutrición, que tendrán impacto en el desarrollo y productividad de la palma.

## Abstract

The hybrid of oil palm *Elaeis guineensis* x *Elaeis oleifera* (OxG) has been planted as a major renewal against alternative phytosanitary problems currently present in the Colombian oil palm. In recent years there have been significant progress on phenology, states cluster ripening, pollination and better alternatives have initiated studies of the nutritional requirements of the crop, however no conclusive results.

This paper contrasts two materials commercially planted at different ages of development and seeks to determine the behavior of its growth and its importance in making decisions on the proper management of nutrition in the cultivation of oil palm.

It was observed that the OxG material has higher mean values in the variables long growth rachis, leaf area, canopy area, dry weight of canopy and leaf area index, foliar levels of N and P expressed in percentage values sheet showed little variability when comparing the two materials and ages unlike Ca, Mg and B, but when nutrients are expressed as accumulated in the leaf have higher values in the OxG material compared to the material contained DxP.

Highly significant correlations between growth variables and nutrients stored in leaf production and formed the first component with an explanation of 50 % of the total variability were found, the above results show the importance of monitoring and vegetative variables that when analyzed with other variables can make adjustments to the integrated nutrition plans that will impact the development and productivity of the palm.



## Introducción

El área sembrada de palma de aceite en Colombia ha venido creciendo considerablemente durante los últimos cuatro años, registrándose un área de 416.000 hectáreas en el 2012 de las cuales el 35,8 % (148.928 hectáreas) se ubica en la Zona Oriental. Frente a los diferentes problemas fitosanitarios como son la Pudrición de cogollo y la Marchitez letal en las diferentes zonas palmeras de Colombia, el híbrido OxG se presenta como una alternativa promisoría para reducir el impacto por su mayor tolerancia (Zambrano, 2004; Santacruz *et al.*, 2011).

En Colombia se han realizado estudios relacionados con el comportamiento fenológico y

productivo de estos materiales, mostrando que presentan un incremento entre 35 y 40 % de materia seca lo que puede deducir que el material OxG tenga un mayor requerimiento de nutrimentos (Rey *et al.*, 2004; Zambrano 2004; Santacruz *et al.*, 2011).

El área foliar es uno de los factores determinantes de la capacidad fisiológica de la planta y puede ser utilizada para evaluar la eficiencia fotosintética y predecir el desempeño productivo de los cultivos (Henson & Fairhurst, 2012).

Los esquemas para el manejo nutricional de los híbridos en Colombia se han planteado siguiendo los criterios utilizados en la palma *tene-*



ra DxP; se tiene como referencia que el material *tenera* DxP en palmas adultas presenta un peso de 130 kg de materia seca y para el híbrido OxG (Coari x La Mé) 180 kilogramos representando un incremento entre el 25 y 30 % más de fertilizantes para la nivelación foliar (Santacruz *et al.*, 2011).

Hasta el momento existen pocos estudios sobre el manejo agronómico del cultivo de la palma de aceite híbrida, especialmente en el tema relacionado con la nutrición, el cual requiere gran atención, por lo que representa cerca del 30 a 40 % de los costos variables del cultivo.

Santacruz *et al.*, (2011) a través de observaciones realizadas con relación a los niveles foliares de las hojas 9 y 17 de las palmas de aceite alto oleico (híbrido OxG) muestran en el tiempo valores promedios menores en la mayoría de los elementos contrastados con los niveles del material *tenera* DxP.

En la fase de vivero de palmas DxP y OxG se ha observado que la cantidad de fertilizante varía de acuerdo con los criterios de cada plantación y que la corrección de la deficiencia visual de algunos nutrimentos se realiza aumentando la dosis de fertilizantes, caso puntual para el boro donde la dosis es mayor en el híbrido OxG con relación a palmas *tenera* DxP (Rincón *et al.*, 2012).

Rincón *et al.*, (2012) encontraron que existen diferencias en los contenidos de los nutrimentos nitrógeno, potasio, magnesio, calcio y azufre a nivel foliar, debido posiblemente en gran medida al material genético y al manejo diferente entre plantaciones; dada la baja eficiencia de recuperación encontrada en diferentes nutrimentos se ha visto la necesidad de replantear los planes de fertilización a un bajo costo de la labor.

Teniendo en cuenta la información publicada y con el objetivo de que complementen los resultados encontrados se propuso realizar una caracterización de las variables que están involucradas en la toma de decisiones sobre la nutrición como son los niveles foliares, medidas vegetativas y la producción en los dos materiales en diferentes edades de desarrollo con la finalidad de mejorar los diagnósticos y

recomendaciones de la nutrición acorde con la edad del cultivo.

## Metodología

La caracterización se adelantó en la plantación Guaicaramo S.A., ubicada a 7 kilómetros del Municipio de Barranca de Upía (Norte del Meta) a 190 m de altitud, latitud 4° 29 N y longitud 72° 57 W; precipitación promedio anual de 2004 mm, humedad relativa de 85 % y temperatura media de 27 °C.

Se seleccionaron 27 lotes de palma de aceite de diferentes edades de siembra entre 4 y 16 años, de dos materiales comerciales de palma de aceite DxP *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* (OxG). Se adelantó el registro de las variables vegetativas: longitud del raquis (LR), sección transversal del peciolo (STP), peso seco de la hoja (PSH) y área foliar (AF) en las diferentes unidades de manejo (UM) y edades del cultivo siguiendo la metodología de Corley *et al.*, (1971).

En cada UM se realizó el muestreo para análisis foliar descrito por Munévar y Franco (1998) y, se recopilaron los registros de rendimientos de cada lote en estudio de acuerdo con los criterios de ciclos de cosecha de la plantación; posteriormente, se procedió a determinar las tendencias de las variables de crecimiento y niveles foliares por medio de estadística descriptiva, análisis de varianzas y de componentes principales para determinar los parámetros más asociados a la producción.

## Resultados

### Comparación de las variables de crecimiento

Los dos materiales en estudio se agruparon en tres rangos de edad (4 a 7 años; 8 a 12 años y 13 a 16 años) con el fin de observar tendencias en diferentes fases de desarrollo de la palma; el material OxG presentó mayor longitud de raquis (LR), con un promedio ge-

neral de 5,4 m en comparación con el material DxP que presentó un promedio de 4,7 m, una diferencia de 14 %, presentándose diferencias en cada uno de los rangos de edad para esta variable (Tabla 1). Zambrano (2004) reportó pocas diferencias comparando esta variable entre los dos materiales del 0,4 %.

La variable ancho del raquis (AR) no mostró diferencias entre los dos materiales a diferencia de la profundidad del raquis (PR), pero sus pro-

medios fueron superiores en el material OxG en las diferentes etapas de desarrollo de la palma, lo que influye en el área de la sección transversal del raquis (AST); Henson & Fairhurst (2012) mencionan que es una medida representativa de la condición de crecimiento de la palma siendo un parámetro importante para realizar evaluaciones de requerimientos de nutrimentos en fertilizaciones minerales durante las diferentes etapas de desarrollo de la palma.

**Tabla 1.** Comparación de las variables de crecimiento entre los materiales DxP y OxG.

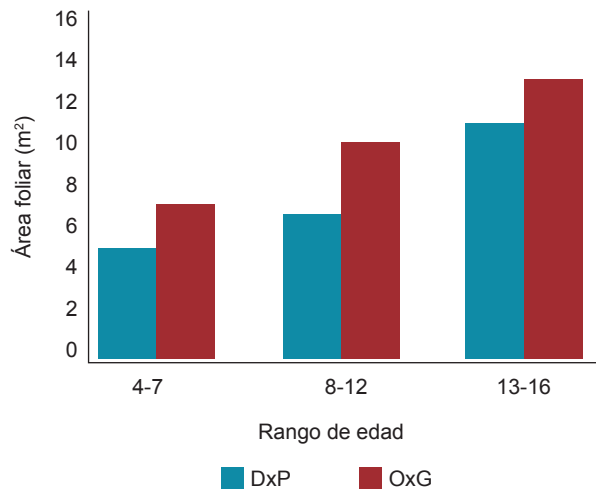
| Material          | Rango edad | Estad | LR     | AR     | PR              | AST            | AH     | AD     | PSH    | PSD    | IAF    |
|-------------------|------------|-------|--------|--------|-----------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                   |            |       | m      | cm     | cm <sup>2</sup> | m <sup>2</sup> | kg     |        |        |        |        |
| DxP               | 4-7        | Prom  | 4,1    | 5,8    | 3,4             | 19,8           | 5,4    | 235,1  | 2,3    | 98,3   | 3,4    |
|                   |            | C.V   | 10,1 % | 3,7 %  | 2,2 %           | 4,9 %          | 10,9 % | 20,0 % | 4,8 %  | 11,9 % | 20,0 % |
|                   | 8-12       | Prom  | 4,6    | 6,6    | 3,7             | 24,4           | 7,0    | 249,4  | 2,7    | 96,9   | 3,9    |
|                   |            | C.V   | 12,5 % | 16,7 % | 8,8 %           | 25,3 %         | 14,8 % | 15,0 % | 23,7 % | 16,7 % | 16,1 % |
|                   | 13-16      | Prom  | 5,5    | 8,1    | 4,1             | 33,6           | 11,3   | 367,7  | 3,7    | 119,2  | 5,1    |
|                   |            | C.V   | 6,3 %  | 5,8 %  | 4,6 %           | 10,3 %         | 19,7 % | 13,5 % | 10,0 % | 8,1 %  | 13,0 % |
| OxG               | 4-7        | Prom  | 4,5    | 5,5    | 3,5             | 20,0           | 7,5    | 312,9  | 2,3    | 94,2   | 3,7    |
|                   |            | C.V   | 18,3 % | 17,6 % | 16,6 %          | 30,8 %         | 26,6 % | 30,0 % | 27,2 % | 31,4 % | 31,1 % |
|                   | 8-12       | Prom  | 5,6    | 7,0    | 4,3             | 30,7           | 10,5   | 424,8  | 3,4    | 135,9  | 5,6    |
|                   |            | C.V   | 14,0 % | 17,3 % | 11,8 %          | 28,9 %         | 23,7 % | 6,5 %  | 26,5 % | 9,6 %  | 13,9 % |
|                   | 13-16      | Prom  | 6,1    | 7,7    | 4,7             | 36,5           | 13,4   | 460,4  | 4,0    | 136,5  | 6,2    |
|                   |            | C.V   | 7,2 %  | 8,7 %  | 5,5 %           | 12,5 %         | 10,0 % | 9,2 %  | 11,7 % | 10,4 % | 14,2 % |
| Valor P (student) |            |       | 0,022  | 0,961  | 0,012           | 0,026          | 0,006  | 0,000  | 0,195  | 0,024  | 0,003  |
| Error Estándar    |            |       | 31,192 | 4,711  | 2,023           | 3,100          | 1,060  | 29,203 | 0,318  | 8,563  | 0,449  |

El área de la hoja (AH) en el material OxG presenta un incremento en cada rango de edad del 28, 33 y 16 % y, general, del 29 % con relación al material DxP y es directamente proporcional

al área total del dosel (AD), influenciadas por el número de hojas que lo conforman, criterio importante en el momento de realizar podas y/o buena labor de cosecha (Tabla 1 y Figura 1).



El área individual de la hoja presenta un crecimiento continuo y aumenta hasta alrededor de los 10 a 12 años después del trasplante y está influenciado por el material de siembra (Henson & Fairhurst, 2012).



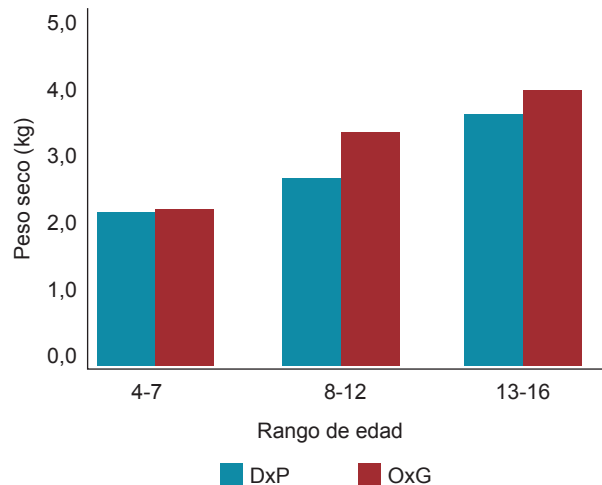
**Figura 1.** Comparación del área de la hoja en los dos materiales en cada rango de edad.

El peso seco de la hoja (PH) aunque presenta un mayor promedio general en el material híbrido OxG de 3,2 kg, con un incremento del 9 % con relación al material DxP, no mostró diferencias estadísticas significativas en comparación con la variable peso total del dosel (PD), donde el incremento es del 14 % en el material OxG (Figura 2); por tal razón existirá mayor acumulación de nutrientes en la palma. Peláez *et al.*, (2010) llegaron a conclusiones similares donde el material DxP presentó un peso seco en la hoja 17, menor que en el material OxG, donde confirma mayor acumulación de biomasa.

El índice de área foliar para este caso, en particular el material DxP en los dos primeros rangos de edad (4 a 12 años), presentó un valor medio de 3,4 incrementado a un valor medio 5,1 en el último rango de edad (13 a 16 años), con un incremento del 33 % (Tabla1); al igual que en la mayoría de las variables de crecimiento el material OxG presentó valores medios mayores y aumentaron progresivamente

con la edad de las palmas, con aumentos del 34 y 10 %, respectivamente.

El índice de área foliar (IAF) no solo depende del área de las hojas del dosel y del número de hojas presentes en la palma sino también de la edad del cultivo. El índice de área foliar óptimo se ha definido como el que obtiene mayor rendimiento y no tiene un valor fijo y, varía entre 5-7 dependiendo de: horas brillo solar efectivo, gradiente de temperatura, régimen de humedad del suelo y características del material de siembra y se ve afectado por: erradicación de palmas (reducción de la densidad de siembra), reducción de la superficie foliar por podas, nutrición deficiente, plagas y enfermedades (Henson & Fairhurst, 2012).



**Figura 2.** Comparación del peso seco de la hoja en los dos materiales en cada rango de edad.

### Comparación de los nutrientes en forma porcentual y acumulación total en la hoja

Los nutrientes N y P para los dos materiales presentaron baja variabilidad con relación a la edad, con valores de 2,4 % (N) y 0,16 % (P) (Tabla 2); este último valor es similar a los reportados en trabajos anteriores (Santacruz *et al.*, 2011; Dubos *et al.*, 2013) con el modelo lineal de relación entre nutrientes N y P propuesto por Ollagnier y Ochs (1981) para palma *tenera*.

**Tabla 2.** Comparación de los niveles foliares en los materiales DxP y OxG.

| Material          | Rango edad | Estad | N      | P     | K      | Ca     | Mg     | Ca+Mg+K | B      |
|-------------------|------------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|---------|--------|
|                   |            |       | %      |       |        |        |        |         |        |
| DxP               | 4-7        | Prom  | 2,58   | 0,16  | 0,84   | 0,86   | 0,24   | 1,94    | 12,14  |
|                   |            | C.V   | 10,2 % | 2,5 % | 26,5 % | 4,7 %  | 26,8 % | 14,3 %  | 5,7 %  |
| DxP               | 8-12       | Prom  | 2,28   | 0,15  | 0,78   | 0,75   | 0,21   | 1,74    | 14,12  |
|                   |            | C.V   | 4,9 %  | 4,6 % | 17,0 % | 24,9 % | 10,7 % | 17,2 %  | 17,0 % |
|                   | 13-16      | Prom  | 2,34   | 0,16  | 0,80   | 0,69   | 0,16   | 1,64    | 13,41  |
|                   |            | C.V   | 5,2 %  | 5,2 % | 27,1 % | 25,1 % | 35,2 % | 3,1 %   | 34,1 % |
| OxG               | 4-7        | Prom  | 2,44   | 0,16  | 0,85   | 0,70   | 0,19   | 1,75    | 15,30  |
|                   |            | C.V   | 10,1 % | 6,5 % | 14,2 % | 14,0 % | 23,1 % | 10,3 %  | 8,8 %  |
|                   | 8-12       | Prom  | 2,39   | 0,16  | 0,86   | 0,59   | 0,18   | 1,63    | 15,41  |
|                   |            | C.V   | 13,7 % | 9,3 % | 10,3 % | 22,9 % | 14,7 % | 4,8 %   | 10,7 % |
|                   | 13-16      | Prom  | 2,42   | 0,16  | 0,87   | 0,58   | 0,20   | 1,65    | 15,66  |
|                   |            | C.V   | 8,4 %  | 6,3 % | 12,3 % | 22,6 % | 23,5 % | 3,7 %   | 12,0 % |
| Valor P (student) |            |       | 0,379  | 0,055 | 0,202  | 0,027  | 0,516  | 0,354   | 0,037  |
| Error Estándar    |            |       | 0,079  | 0,003 | 0,052  | 0,058  | 0,016  | 0,084   | 0,859  |

El nivel de potasio es mayor que los reportados por Santacruz *et al.*, (2011) y Dubos *et al.*, (2013), el cual podría estar influenciado por las fertilizaciones potásicas realizadas anteriormente.

La alta variabilidad en los contenidos de Ca y Mg se deben estudiar puntualmente de acuerdo con el material y edad del cultivo. Muchos de los cambios en los niveles de Mg están influenciados por las aplicaciones de fuentes de Mg.

Los niveles foliares óptimos de los nutrimentos varían entre los ambientes como también a la edad de la palma (Henson & Fairhurst, 2012); (Santacruz *et al.*, 2011) encontraron que los porcentajes de los nutrimentos a través del tiempo en el material híbrido (OxG) presentaron valores promedios menores en la mayo-

ría de los elementos con excepción del Ca y el B que fueron mayores.

En la Tabla 3 se expresa el almacenamiento de los diferentes nutrimentos en la hoja, los valores medios generales son mayores en el material OxG en comparación al material DxP; a diferencia del calcio, la acumulación total en el dosel de la palma o por hectárea dependerá del número promedio de hojas presentes en la palma como también de la densidad de siembra en el sitio específico.

Santacruz *et al.*, (2011) observaron que el material OxG presentó una mayor acumulación (4-25 %) de nutrimentos como: potasio, calcio, boro, cobre y hierro en el dosel de palmas individuales y cuando se extrapolan por hectárea.

**Tabla 3.** Comparación de los contenidos de nutrimentos almacenados en la hoja en los materiales DxP y OxG.

| Material          | Rango edad | Estado | N      | P      | K      | Ca     | Mg     | B      |
|-------------------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                   |            |        | g      |        |        |        |        |        |
| DxP               | 4-7        | Prom   | 58,03  | 3,58   | 18,82  | 19,45  | 5,31   | 0,027  |
|                   |            | C.V    | 5,7 %  | 2,5 %  | 23,4 % | 0,8 %  | 23,5 % | 9,7 %  |
|                   | 8-12       | Prom   | 62,21  | 4,20   | 21,97  | 21,17  | 5,75   | 0,038  |
|                   |            | C.V    | 23,2 % | 24,0 % | 40,3 % | 46,5 % | 29,4 % | 20,8 % |
|                   | 13-16      | Prom   | 85,57  | 5,75   | 28,77  | 25,53  | 5,78   | 0,049  |
|                   |            | C.V    | 10,5 % | 10,3 % | 18,3 % | 33,2 % | 41,3 % | 35,8 % |
| Prom geral        |            |        | 68,60  | 4,51   | 23,18  | 22,05  | 5,61   | 0,038  |
| OxG               | 4-7        | Prom   | 55,32  | 3,72   | 19,61  | 16,12  | 4,55   | 0,035  |
|                   |            | C.V    | 29,5 % | 29,7 % | 33,3 % | 35,5 % | 43,4 % | 28,5 % |
|                   | 8-12       | Prom   | 78,68  | 5,20   | 29,45  | 19,15  | 5,92   | 0,051  |
|                   |            | C.V    | 15,6 % | 16,8 % | 37,2 % | 2,5 %  | 15,0 % | 20,2 % |
|                   | 13-16      | Prom   | 96,48  | 6,52   | 34,45  | 23,41  | 7,88   | 0,062  |
|                   |            | C.V    | 17,2 % | 14,2 % | 10,6 % | 31,2 % | 27,6 % | 12,5 % |
| Promedio General  |            |        | 76,83  | 5,15   | 27,84  | 19,56  | 6,12   | 0,049  |
| Valor P (student) |            |        | 0,113  | 0,098  | 0,103  | 0,547  | 0,424  | 0,025  |
| Error Estándar    |            |        | 7,460  | 0,506  | 3,285  | 2,913  | 0,756  | 0,005  |

Al realizar la matriz de correlaciones (Tabla 4), se puede apreciar que existen correlaciones altamente significativas entre las variables de crecimiento y la producción (AH, PSH y LR), además existen correlaciones entre la producción y la acumulación en la hoja de los nutrimentos fósforo, potasio y boro acumulados en la hoja (NH, PH, KH y BH) a diferencia de cuando los nutrimentos son expresados como porcentajes. En los seguimientos de nutrición y cálculo de ajustes de dosis de los diferentes nutrimentos, se debe tener en cuenta.

El análisis de componentes principales, ilustrado en la Tabla 5, muestra que los tres

primeros componentes explican la mayor variabilidad en 80 %; el primer componente con 50 % de la variabilidad total por el aporte de 10 variables en estudio donde se encuentran las variables de crecimiento: área de la hoja (AH), peso seco de la hoja (PSH) y largo de raquis (LR); variables de nutrimentos acumulados en la hoja: (NH, PH, KH, CaH, MgH y BH) y la variable producción (Q2); el segundo componente que aporta el 20 % de la variabilidad está conformado por cuatro variables de nutrimentos expresados como porcentajes (N, P, Ca y Mg); y el tercer componente aportando la menor variabilidad con 10 % es el elemento B.

**Tabla 4.** Grado de correlación entre las variables de crecimiento y nutricionales.

| Variables    | Abrev | AH    | PSH   | LR    | % N   | % P   | % K   | % Ca  | % Mg  | % B   | NH   | PH   | KH   | CaH  | MgH  | BH   | Q2   |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| Área H       | AH    | 1,00  |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |
| Peso H       | PSH   | 0,90  | 1,00  |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |
| Largo raquis | LR    | 0,93  | 0,96  | 1,00  |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |
| Nitrógeno    | % N   | -0,12 | -0,18 | -0,13 | 1,00  |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |
| Fósforo      | % P   | 0,08  | -0,02 | 0,08  | 0,79  | 1,00  |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |
| Potasio      | % K   | 0,19  | 0,26  | 0,29  | 0,07  | -0,07 | 1,00  |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |
| Calcio       | % Ca  | -0,37 | -0,17 | -0,26 | 0,35  | 0,29  | -0,09 | 1,00  |       |       |      |      |      |      |      |      |      |
| Magnesio     | % Mg  | -0,26 | -0,14 | -0,20 | 0,50  | 0,46  | -0,18 | 0,44  | 1,00  |       |      |      |      |      |      |      |      |
| Boro         | % B   | 0,22  | -0,01 | 0,08  | -0,02 | -0,01 | 0,01  | -0,39 | -0,25 | 1,00  |      |      |      |      |      |      |      |
| N Hoja       | NH    | 0,88  | 0,95  | 0,93  | 0,11  | 0,24  | 0,24  | -0,07 | 0,02  | 0,00  | 1,00 |      |      |      |      |      |      |
| P Hoja       | PH    | 0,90  | 0,97  | 0,95  | -0,01 | 0,21  | 0,22  | -0,10 | -0,02 | 0,00  | 0,99 | 1,00 |      |      |      |      |      |
| K Hoja       | KH    | 0,78  | 0,89  | 0,87  | -0,16 | -0,08 | 0,66  | -0,20 | -0,22 | 0,00  | 0,83 | 0,84 | 1,00 |      |      |      |      |
| Ca Hoja      | CaH   | 0,43  | 0,67  | 0,57  | 0,07  | 0,19  | 0,11  | 0,60  | 0,20  | -0,27 | 0,70 | 0,70 | 0,55 | 1,00 |      |      |      |
| Mg Hoja      | MgH   | 0,57  | 0,74  | 0,68  | 0,17  | 0,33  | 0,06  | 0,16  | 0,54  | -0,14 | 0,81 | 0,81 | 0,57 | 0,71 | 1,00 |      |      |
| B Hoja       | BH    | 0,88  | 0,84  | 0,84  | -0,15 | 0,00  | 0,22  | -0,34 | -0,22 | 0,52  | 0,81 | 0,83 | 0,75 | 0,42 | 0,56 | 1,00 |      |
| Producción   | Q2    | 0,78  | 0,74  | 0,83  | -0,21 | 0,13  | 0,20  | -0,35 | -0,34 | 0,14  | 0,68 | 0,74 | 0,67 | 0,32 | 0,39 | 0,70 | 1,00 |



**Tabla 5.** Análisis de componentes principales.

| Variables    | Abrev      | Componentes |       |       |       |       |
|--------------|------------|-------------|-------|-------|-------|-------|
|              |            | 1           | 2     | 3     | 4     | 5     |
| Área H       | <b>AH</b>  | 0,93        | -0,17 | 0,16  | 0,10  | -0,08 |
| Peso H       | <b>PSH</b> | 0,98        | -0,02 | -0,14 | 0,08  | -0,01 |
| Largo Raquis | <b>LR</b>  | 0,98        | -0,08 | 0,00  | 0,02  | -0,10 |
| Nitrógeno    | <b>N</b>   | -0,09       | 0,69  | 0,53  | -0,35 | -0,05 |
| Fósforo      | <b>P</b>   | 0,11        | 0,68  | 0,58  | -0,13 | -0,24 |
| Potasio      | <b>K</b>   | 0,32        | -0,14 | -0,15 | -0,90 | 0,12  |
| Calcio       | <b>Ca</b>  | -0,18       | 0,76  | -0,37 | -0,03 | 0,33  |
| Magnesio     | <b>Mg</b>  | -0,12       | 0,81  | 0,11  | 0,13  | 0,06  |
| Boro         | <b>B</b>   | 0,10        | -0,43 | 0,68  | 0,07  | 0,58  |
| N Hoja       | <b>NH</b>  | 0,96        | 0,20  | 0,03  | 0,01  | -0,03 |
| P Hoja       | <b>PH</b>  | 0,98        | 0,14  | 0,00  | 0,07  | -0,06 |
| K Hoja       | <b>KH</b>  | 0,90        | -0,12 | -0,20 | -0,34 | 0,04  |
| Ca Hoja      | <b>CaH</b> | 0,64        | 0,53  | -0,40 | 0,09  | 0,26  |
| Mg Hoja      | <b>MgH</b> | 0,74        | 0,53  | -0,02 | 0,19  | 0,04  |
| B Hoja       | <b>BH</b>  | 0,88        | -0,23 | 0,26  | 0,10  | 0,29  |
| Producción   | <b>Q2</b>  | 0,79        | -0,24 | 0,12  | 0,03  | -0,29 |

Al realizar un análisis de regresión múltiple entre las variables que explican la mayor variabilidad y el rendimiento, se encontró que el área foliar de la hoja 17 explicaba en 65 % los rendimientos del cultivo. La ecuación encontrada fue:  $Rendimiento = 1,20140 (\text{área foliar } H17) + 11,2241$ . El área foliar es uno de los determinantes de la capacidad fisiológica de la planta y puede ser utilizada para evaluar la eficiencia fotosintética y predecir el desempeño productivo de los cultivos (Henson & Fairhurst, 2012).

Los anteriores resultados muestran la importancia de realizar el seguimiento de variables vegetativas con el propósito de hacer ajustes en los programas de nutrición. Cuando se integran las diferentes variables se facilita la explicación de

los planes integrados de nutrición y sus impactos en el desarrollo y productividad de la palma.

## Consideraciones finales

Se encontraron diferencias significativas para las diversas edades, tanto del material IRHO como Coari x La Mé.

Los dos materiales presentan diferencias significativas en las variables de crecimiento e inmovilización de nutrientes, lo cual debe ser tenido en cuenta a la hora de realizar las recomendaciones de fertilizantes.

Al realizar un análisis de regresión múltiple entre las variables de crecimiento, niveles foliares y cantidad de nutrimentos inmovilizados

en la hoja 17, se encontró que la variable área foliar de la H17, explica en un 67 % el rendimiento del cultivo.

Las variables vegetativas registradas mostraron correlaciones significativas con el rendimiento, por lo tanto, se deben incluir en el seguimiento de los programas de nutrición y crear rangos óptimos para poder dar un calificativo a cada unidad de manejo agronómico.



## Bibliografía

- Dubos, G; Gallardo, G; Zambrano, J. 2013. Comportamiento nutricional de los híbridos interespecíficos *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* (OxG) en el oriente ecuatoriano y colombiano. *Palmas* 34 No. Especial (1): 337-344.
- Fairhurst, T; Härdter, R. Palma de aceite: Manejo para rendimientos altos sostenibles. IPNI, IPI, 2012. 404 p.(ISBN 981-04-8485-2).
- Federación Nacional de cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma. 2013. Minianuario Estadístico 2013: Principales cifras de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia. Bogotá: p. 55.
- Peláez, E; Ramirez, D; Cayón, G. 2010. Fisiología comparada de palmas africana (*Elaeis guineensis* Jacq.), americana (*Elaeis oleifera* hbk Cortes) e híbrida (*E. oleifera* x *E. guineensis*) en Hacienda La Cabaña. *Palmas*: 31 (2): 29-37.
- Santacruz, L.A., Cristancho, R.J.A., y Munévar, M.F. 2004. Variación temporal de los niveles foliares de nutrientes y su relación con la fertilización, la lluvia y el rendimiento de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en la plantación Guaicaramo (Meta, Colombia). *Palmas*, 25 No. Especial, tomo II, 160-169.
- Santacruz, L; Rosero, G; Cristancho, A. 2011. Contraste de los contenidos y reservas foliares de la palma comercial (DxP) y del híbrido (OxG) alto oleico. *Palmas* 32 (4): 62-68.
- Torres, M; Rey, L; Gelves, F; Santacruz, L. 2004. Evaluación del comportamiento de los híbridos interespecíficos *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*, en la plantación de Guaicaramo S.A. *Palmas* 25 N°. Especial (2): 350-357.
- Zambrano, R; Jorge. 2004. Híbridos interespecíficos *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* Jacq. Una alternativa de renovación para la Zona Oriental de Colombia. *Palmas* 25 (2): 339-349.
- Vallejo, G. 1976. Estudio de poblaciones espontáneas de la palma Nolí *Elaeis oleifera* en Colombia. Tesis de Maestría. Programa de Estudios para Graduados PEG - Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. p. 84.

## Agradecimientos

A la Gerencia General, Gerencia de Plantación, Director Agronómico y al grupo del Área de Investigación de Guaicaramo S.A.; a Eloina Mesa Fuquen, Investigadora Asociada en Evaluación Económica y Biometría de Cenipalma, por su colaboración, apoyo en la ejecución y aporte de ideas en la realización del trabajo.