Efecto de la densidad de siembra sobre los componentes del rendimiento de la palma africana (Elaeis Guineensis)*

*Por: C.J. Breure**, T. Menéndez*** y M.S. Powell*[1]

Estación Dami de Investigación sobre Palma de Aceite, Kimbe, West New Britain, Papúa-Nueva Guinea

(Aceptado el 6 de junio de 1989)

INTRODUCCION

Aunque numerosos investigadores han estudiado la relación entre la densidad de siembra de la palma africana (Elaeis guineensis Jacq.) y el número y peso de los racimos (Prevot y Duchesne, 1955; Sly y Chapas, 1963; Corley y colaboradores, 1973; Breure, 1977), existe poca información sobre la forma en que los componentes que contribuyen a la producción de aceite y al número de semillas por racimo responden a la densidad.

La palma africana, de naturaleza monoica, normalmente produce una inflorescencia masculina o una femenina en cada axila foliar. Solamente en casos excepcionales todas las hojas encierran en la axila inflorescencias femeninas. Algunas inflorescencias abortan antes de llegar a la antesis, pero por lo general las pérdidas que se presentan durante el desarrollo subsiguiente del racimo son insignificantes. Por consiguiente, en la práctica, el número de racimos depende de la proporción de inflorescencias femeninas respecto del total de las mismas (relación sexual) y, en menor grado, del porcentaje de hojas con inflorescencias abortadas (tasa de aborto). Los componentes del peso del racimo se dividen entre aquellos que determinan el peso del raquis (pedúnculo y espiguillas vacías) y el peso del fruto. El peso del fruto se determina por el número de flores por inflorescencia (el producto del número de flores por espiguilla y el número de espiguillas por inflorescencia), la composición del racimo (la proporción de flores fecundadas que se desarrollan en fruto) y la media del peso del fruto individual. Con el fin de hacer un análisis completo del efecto de la densidad sobre los componentes de la producción de aceite, también estudiamos el porcentaje del mesocarpio y el palmiste respecto del fruto y el contenido de aceite del mesocarpio.

Breure y Menéndez (1990) demostraron que los componentes del rendimiento del racimo se determinaban en una etapa específica del desarrollo de las inflorescencias. En el presente estudio describiremos los umbrales y magnitudes de respuesta de los componentes de rendimiento a los carbohidratos disponibles con diferentes densidades de siembra. Esta base de datos es indispensable para establecer modelos de proyección de rendimiento de la palma de aceite.

La competencia entre palmas aumenta no solamente con la densidad de siembra sino con la expansión de la corona aproximadamente durante los primeros diez años siguientes a la siembra definitiva (Breure, 1985). Por consiguiente, utilizamos el índice del área foliar de cada densidad como variable adicional para medir el nivel de competencia.

1 *Direcciones actuales **Harrisons Fleming Advisory Services, 1-4 Great Tower Street. Londres EC3R 5AB, Inglaterra y ***Asociacion de Investigación sobre Palma de Aceite de PNG, PO Box 9 7, Kimbe, West New Britain, Papua Nueva Guinea.*

* *Tomado de: Expl Agrie. (1990). volumen 26. pp. 117-124. traducción de Fedepalma.*

La poda foliar se asemeja al efecto que produce la alta densidad por cuanto reduce la producción fotosintética por palma. Según informes de Corley y Hew (1976), la poda conduce al aumento de inflorescencias masculinas y abortadas, a costa de las femeninas. Corley (1973) demostró que la poda foliar reduce el número de espiguillas y de flores por espiguilla, y el peso del fruto individual, pero aumenta la composición del racimo, posiblemente como respuesta a la aplicación artificial de polen, como suplemento a la polinización por viento. La polinización asistida, cuya eficacia aumenta al eliminar las hojas obstructivas, solía ser una práctica común en Asia y el Pacífico. No obstante, ha sido remplazada por insectos polinizadores importados (Elaedobius kamerunicus), los cuales pueden ser polinizadores más eficaces en siembras de más alta densidad (R.A. Syed, comunicación personal, 1985). Por consiguiente, al mejorar la composición del racimo mediante polinización con insectos se podría optimizar la relación fruto a racimo, que constituye uno de los componentes de la tasa de extracción. El supuesto aumento de la tasa de extracción con la densidad de siembra implica una densidad óptima más alta para el rendimiento de aceite y palmiste que para el de racimos de fruto fresco, como se estableció en la presente investigación, la cual compara la composición del racimo antes y después de haberse establecido el insecto en el lugar del experimento.

El principal interés de la Estación Dami de Investigación sobre Palma de Aceite se concentró por lo tanto en el efecto de la densidad sobre el número de flores por inflorescencia. La producción de semillas generalmente se limita a un número determinado de palmas madre seleccionadas que se ven afectadas por la sombra de las palmas circundantes no seleccionadas. Es importante, desde el punto de vista práctico, calcular esta pérdida, en términos de la reducción del número de flores por inflorescencia, en función de la densidad de siembra.

MATERIALES Y METODOS

Las observacines se realizaron en un experimento de densidad x fertilizante establecido en la Estación Dami de Investigación sobre Palma de Aceite, en West New Britain, Papua-Nueva Guinea, en octubre de 1970. El experimento comparaba palmas sembradas a razón de 56, 110, 148 y 186 ha-1, con un diseño de parcelas divididas, con densidades como parcelas principales (aproximadamente 0.75 ha) y cuatro tasas de aplicación de fertilizantes como subparcelas, salvo que las parcelas de 56 palmas ha-1 se dividieron en dos subparcelas en las cuales se aplicaron las tasas más altas de fertilización. Los tratamientos de fertilización concluyeron en 1979. Los valores de las subparcelas con diferentes tratamientos de fertilización han sido agrupados para cada densidad, puesto que el presente estudio se concentra exclusivamente en la respuesta a la densidad. Breure (1977) detalla las tasas de aplicación de fertilizantes. La castración o ablación (es decir la práctica de eliminar la primera inflorescencia que se forma) se realizó a intervalos mensuales durante el primer año de floración. En el experimento se utilizó polinización asistida hasta octubre de 1981, cuando se introdujeron los insectos polinizadores a la región; la polinización asistida fue muy satisfactoria en el momento en que se recopilaron los datos para el presente estudio (Breure, 1982).

Registros

Con el fin de determinar la relación sexual y la tasa de abortos, se registraron las inflorescencias de las axilas foliares al abrirse, designándolas como femeninas, masculinas o abortadas. Entre enero de 1973 y diciembre de 1977 estos datos se registraron para todas las densidades. El registro se prolongó hasta diciembre de 1983 para las densidades de 110 y 148 palmas ha-1.

La poda foliar se asemeja al efecto que produce la alta densidad por cuanto reduce la producción fotosintética por palma. Corley (1973) demostró que la poda foliar reduce el número de espiguillas y de flores por espiguilla, y el peso del fruto individual, pero aumenta la composición del racimo, posiblemente como respuesta a la aplicación artificial de polen, como suplemento a la polinización por viento.

Durante el décimo segundo y décimo tercer año de siembra se analizaron los racimos con el fin de establecer el número de espiguillas, el número de flores por espiguilla, la composición del racimo, la media del peso del fruto, el peso de las espiguillas vacías y el peso del pedúnculo. Se escogió este período puesto que para entonces ya se había estabilizado el tamaño de la corona y por consiguiente el nivel de competencia por la luz (Breure, 1985). Por lo tanto, las diferencias en los umbrales y magnitudes de respuesta a los carbohidratos no se confundían

con las diferencias en el tiempo de respuesta entre componentes. El método de análisis ha sido ampliamente descrito por Breure y Menéndez (1990). Los componentes del racimo que determinan la proporción de aceite del mesocarpio y palmiste respecto del racimo (fruto a racimo, mesocarpio a fruto, aceite a mesocarpio y palmiste a fruto) se analizaron en el quinto año de siembra, en condiciones de polinización asistida, y en el décimo cuarto y décimo quinto año (con polinización por insectos), siguiendo el método de Blaak y colaboradores (1963). Dado que la composición del racimo respondió significativamente a la tasa de fertilización (Breure, 1982), las palmas de los dos sublotes de 56 palmas ha-1 fueron excluidas del análisis al quinto año de la siembra. Solamente se determinó la composición del racimo para todas las densidades en los dos períodos, puesto que ésta no se vio afectada por la tasa de fertilización (Breure, 1978).

Entre mayo y abril de cada año se calculó el índice de área foliar (L) como el producto del número de palmas por área unitaria de suelo, el número de hojas de la corona por palma y la media del área foliar de las mismas; se escogió este período por cuanto corresponde al período para el cual se presentan los valores de la tasa de abortos y relación sexual. Las mediciones se registraron a partir de la hoja 17 a comienzos, mediados y finales de cada año, siguiendo el método de Hardon y colaborado res (1969). Se partió del supuesto que el número de hojas de la corona era constante, de 35, independientemente de la edad de la palma, puesto que Corley y Hew (1976) demostraron que un mayor número de hojas no afectaba los componentes del rendimiento en forma notoria.

RESULTADOS

Aunque no se registraron diferencias en la relación sexual entre las palmas sembradas a 56 y 110 palmás ha-1, aparecieron diferencias entre las sembradas a 110 y 148 palmas ha-1 de 1976 en adelante. Las relaciones a 148 y 186 palmas ha-1 eran significativamente distintas (Tabla 1).

Las diferencias en la tasa de abortos siguieron un patrón similar, aunque con un umbral más bajo en cuanto a la competencia por la luz (índice del área foliar, L) que a la diferenciación sexual. La tasa de abortos se comparó con la relación sexual en las hojas que abrían un año antes, debido a que los abortos se presentan aproximadamente un año antes de la diferenciación sexual (Breure y Menéndez, 1990). El peso del racimo y el raquis (espiguillas vacías y pedúnculo) era bastante mayor a 56 que a 110 palmas ha-1, mientras que el número de espiguillas y flores por espiguilla solamente se reducía significativamente a densidades mayores (148 a 186 palmas ha-1, Tabla 2).

TABLA 1. Relación sexual, tasa de abortos e índice del área foliar (L) de la palma africana a diferentes densidades de siembra.*

		Densidad de siembra (palmas ha-1)				
		56	110	148	186	LSD (P = 0,05)
Tasa de abortos	1973	3.3	3.0	2.0	3.3	1.8
Relación sexual	1974	82.8	83,5	84.0	76.3	4.9
L	1973-1974	0.9	1.7	2.3	2.8	
Tasa de abortos	1974	6.5	8.2	10.0	16.8	3.0
Relación sexual	1975	63.8	66.5	69.3	56.0	6.2
L	1974-1975	1.1	2.1	2.9	3.6	
Tasa de abortos	1975	4.5	10.0	16.0	18.8	3.3
Relación sexual	1976	59.3	55.5	50.8	41.5	5.0
L	1975-1976	1.3	2.6	3.6	4.5	
Tasa de abortos	1976	4.0	7.2	10.3	12.8	2.8
Relación sexual	1977	46.0	48,3	36.0	27.8	6.8
L	1976-1977	1.6	3.2	4.3	5.4	
Tasa de abortos	1977	–	4.2	4.3	–	2.1
Relación sexual	1978	–	53.3	45.3	–	6.8
L	1977-1978	–	3.6	4.8	–	
Tasa de abortos	1978	–	2.8	4.0	–	1.5
Relación sexual	1979	–	58.5	45.5	–	6.8
L	1978-1979	–	3.9	5.2	–	
Tasa de abortos	1979	–	3.3	7.2	–	3.9
Relación sexual	1980	–	58.0	44.3	–	0.8
L	1979-1980	–	4.1	5.3	–	
Tasa de abortos	1980	–	2.8	4.3	–	0.9
Relación sexual	1981	–	54.8	48.5	–	5.3
L	1980-1981	–	4.2	5.3	–	
Tasa de abortos	1981	–	10.3	15.8	–	5.4
Relación sexual	1982	–	46.5	35.5	–	6.8
L	1981-1982	–	4.1	5.2	–	

" Los valores de la tasa de abortos y relación sexual van del 1 de enero al 31 de diciembre y los del índice del área foliar del 1 de mayo al 30 de abril.

No se registró ningún efecto de la densidad de siembra sobre el peso del fruto. La composición del racimo no respondió a la densidad de siembra en el quinto año en condiciones de polinización asistida (Tabla 3). No obstante, en el caso de la polinización por insectos se registró un claro incremento con la densidad (Tablas 2 y 3).

Ninguno de los componentes de extracción de aceite y palmiste registrados en el quinto año (bajo polinización asistida) respondió a la densidad de siembra, dentro del rango restringido de 110 a 186, pero con polinización por insectos (en el décimo

TABLA 2. Efecto de la densidad de siembra sobre los componentes del peso del racimo de la palma africana en el décimo segundo y décimo tercer año de siembra.

	Densidad de siembra (palmas ha-1)				
	56	110	148	186	LSD (P= 0.05)
Peso del racimo (kg)	23.4	21.2	18.8	17.4	2.1
Peso del pedúnculo (kg)	1.87	1.59	1.33	1.19	0.15
Peso de las espiguillas vacías (g)	16.3	14.8	13.7	13.1	0.8
Peso del raquis (kg)	5.31	4.64	3.98	3.62	0.28
Número de espiguillas	212	208	194	185	5.8
Flores por espiguilla^{-1}	15.1	15.0	13.8	13.1	0.8
Composición del racimo (%)	49	51	54	57	7.5
Fruto por racimo^{-1} (%)	62.5	67.0	66.8	69.2	4.2
Peso del fruto (g)	8.8	8.7	8.7	8.6	0.8
Número de racimos analizados	321	408	328	172	

TABLA 3. Efecto de la densidad de siembra en la composición del racimo de la palma africana al quinto año de siembra (bajo polinización asistida) y al décimo cuarto y décimo quinto año de siembra bajo polinización por insectos).

	Densidad de siembra (palmas ha-1)				
	56	110	148	186	LSD (P= 0.05)
		5o. año (polinización asistida)			
Mesocarpio fruto^{-1} (%)		80.7	80.8	80.4	NS
Aceite mesocarpio-1 (%)		48.6	48.8	48.1	NS
Fruto racimo^{-1} (%)		68.2	68.0	69.5	NS
Palmiste fruto^{-1} (%)		8.2	8.1	8.4	NS
Peso fruto individual (g)		12.0	12.1	12.0	NS
Aceite racimo^{-1} (%)		26.7	26.8	26.9	NS
Palmiste racimo^{-1} (%)		5.6	5.5	5.8	NS
Número de racimos analizados		197	253	315	
Composición del racimo (%)	60	59	57	60	NS
Número de racimos analizados	152	277	312	369	
		14o. y 15o. año (polinización por insectos)			
Mesocarpio fruto^{-1} (%)	75.4	74.3	74.1	73.6	1.7
Aceite mesocarpio^{-1} (%)	52.0	52.3	52.8	52.7	0.6
Fruto racimo^{-1} (%)	67.4	69.6	70.5	70.9	1.2
Palmiste fruto^{-1} (%)	7.8	8.5	8.8	8.9	0.7
Peso fruto individual (g)	12.3	12.4	12.6	12.5	NS
Aceite racimo^{-1} (%)	26.4	27.1	27.7	27.5	0.8
Palmiste racimo^{-1} (%)	5.3	5.9	6.2	6.3	0.5
Composición del racimo (%)	66	68	70	69	2.2
Aceite fruto (%)	39	39	39	39	1.1
Número de racimos analizados	426	608	629	345	

NS= No es significativo al nivel de *5%.*

cuarto y décimo quinto año) todos los componentes presentaron una relación marcadamente lineal con la densidad de siembra entre 56 y 186 palmas ha-1 y la respuesta más pronunciada se registró en la transición de 56 a 110 palmas ha-1.

La relación fruto a racimo aumentó en función de la densidad de siembra, posiblemente por el incremento en la composición del racimo, como resultado de la polinización por insectos (Tablas 2 y 3). La proporción de palmiste del fruto aumentó a costa del mesocarpio (Tabla 3), lo cual indica que la optimización de la composición del racimo se limitó al fruto interior (más comprimido) del racimo. No obstante, la reducción de la relación mesocarpio a fruto se vio totalmente compensada por un aumento en el contenido de aceite y la relación aceite a fruto permaneció invariable independientemente de la densidad. Por consiguiente, el aumento en el número de frutos de un racimo debe haber sido el factor determinante del incremento del aceite por racimo al aumentar la densidad de siembra.

La proporción palmiste a racimo también mejoró en función de la densidad de siembra, probablemente como resultado del aumento en la composición del racimo. Por consiguiente, podemos inferir que la composición del racimo es directamente responsable del aumento de los dos productos como resultado de la densidad.

DISCUSION

La composición del racimo mejoró en función de la densidad de siembra durante el período en el cual se introdujo el polinizador en la región del experimento (Tablas 2 y 3). Este resultado no es sorprendente a la luz de la observación de Syed (comunicación personal, 1985) en el sentido de que el Elaeidobius kamerunicus es relativamente más activo, y por consiguiente más eficiente como polinizador, en el microclima más frío y de menor radiación solar imperante en las siembras de mayor densidad. Nuestros resultados demuestran que la optimización de la composición del racimo constituye el principal factor que contribuye al aumento de la extracción de palmiste y aceite como resultado de una mayor densidad de siembra. En el caso de la polinización asistida, no se observó ninguna respuesta de la composición del racimo en relación con la densidad (Tabla 3) y, a pesar de la falta de disponibilidad de datos sobre la composición del racimo en los lotes de 56 palmas ha-1, la ausencia de respuesta de la composición del racimo (Tabla 3) implica que la tasa de extracción no respondió tampoco a la densidad de siembra con polinización asistida. Como resultado, la densidad óptima para el producto extraído sería mayor que el nivel óptimo para racimos de fruto fresco, con polinización por insectos.

Se obtuvieron diferentes respuestas a la densidad en lo que se refiere a la relación sexual, al número de flores por inflorescencia, a la tasa de abortos y al peso del raquis. La tasa de abortos se redujo (Tabla 1) y el peso del raquis aumentó (Tabla 2) a la densidad más baja, lo cual sugiere que estos componentes son relativamente más sensibles a la escasez de carbohidratos por palma que la relación sexual (Tabla 1) y el número de flores (Tabla 2). Esta respuesta tiene sentido puesto que los abortos y el peso del raquis se determinan al inicio de la expansión rápida de las inflorescencias, cuando la demanda de carbohidratos es más elevada que en la etapa más temprana del desaroollo cuando se define el sexo y el número de flores por espiguilla (Breurey Menéndez, 1990).

La producción de semillas por racimo está directamente ligada al número de flores por inflorescencia, puesto que el procedimiento de polinización controlada independiza la composición del racimo de la influencia de los insectos polinizadores. Es importante anotar que la respuesta más pronunciada de las flores por inflorescencia a la densidad (en las palmas maduras) se registró en la transición de 110 a 148 palmas ha-1 (Tabla 2). Se podría esperar una respuesta proporcional **positiva,** aproximadamente del 15%, **disminuyendo** la densidad convencional de siembra en los semilleros (143 palmas ha-1) a través de podas rigurosas o de la eliminación de las palmas que rodean a la palma seleccionada para producción de semilla. Además, el aumento de radiación solar resultante incrementaría el número de inflorescencias femeninas (Tabla 1). La eliminación de palmas para minimizar la competencia puede lograrse reduciendo el número de palmas de semilla de grado más bajo, sin sacrificar la producción de semilla. La reducción de la competencia entre palmas también reduciría el incremento anual de altura (Breure, 1982) y, debido a la polinización artificial es más difícil en las palmas altas, prolongaría la vida productiva de los semilleros.

La producción de semillas por racimo está directamente ligada al número de flores por inflorescencia, puesto que el procedimiento de polinización controlada independiza la composición del racimo de la influencia de los insectos polinizadores.

Las principales conclusiones del presente estudio son las siguientes: en primer lugar, que la densidad óptima de siembra de la palma africana es mayor ahora con la polinización por insectos que la que se utilizaba con polinización asistida; en segundo lugar, que los componentes del rendimiento presentan diferentes umbrales de respuesta a los niveles de densidad; y por último, que la decreciente competencia entre palmas como resultado de la eliminación de palmas no seleccionadas para la producción de semilla podría aumentar el número de semillas por palma y por consiguiente permitir una selección de palmas progenitoras más estricta.

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración del personal de la Estación Dami de Investigación sobre Palma Aceitera. Así mismo, agradecemos al Dr. P.J.G. Keuss por su asistencia editorial y al Dr. L.R. Verdooren y al Sr. M. Suwetja por su colaboración en el análisis de resultados. Los autores agradecen a Harrison Fleming Advisory Services Limited (CJB), a la Asociación de Investigación sobre Palma de Aceite de Papúa-Nueva Guinea, y a New Britain Palm Development Limited por su autorización para la publicación de resultados.

BIBLIOGRAFIA

1. Blaak, G., Sparnaaij, L. D. & Menéndez, T. (1963). Breeding and inheritance of the oil palm. Part II. Methods of bunch quality analysis. *Journal of the West African Inslitute for Oil Palm Research* 4:145-155.

2. Breure. C J. (1977) Preliminary results from an oil palm density X fertilizer experiment on young volcanic soils in West New Britain, In *International Developments in Oil Palm,* 192-207 (Eds D A. Earp and W. Newall). Kuala Lumpur: Incorporated Society of Planters.

3. Breure, C.J. (1978). Research Report, Dami Oil Palm Research Station 1971-1977.

4. Breure, C. J. (1982). Factors affecting yield and growth of oil palm tenera in West New Britain. *Oléagineux* 37:213-227.

5. Breure, C, J. (1985). Relevant factors associated with crown expansion in oil palm *(Elaeis guineensis* Jacq.) E*uphytica* 34: 161-175.

6. Breure, C J. & Menéndez, T. M. (1990) The determination of bunch yield components in the development of inflorescences in oil palm *(Elaeis guineensis* Jacq.) *Experimental Agriculture* 26:99-115

7. Corley, R. H. V., Hew, C. K . Tam, T. K. & Lo, K. K (1973). Optimal spacing for oil palm. In *Advances in Oil Palm Cultiva-¡ion.* 52-69 (Eds R. L. Wastie and D. A. Earp). Kuala Lumpur: Incorporated Society of Planters.

8. Corley, R. H. V (1973). Oil palm physiology - A review. In *Advances in Oil Palm Cultivation,* 37-49 (Eds R. L. Wastie and D. A. Earp). Kuala Lumpur Incorporated Society of Planters.

9. Corley, R.H.V. (1977). Effects of severe leaf pruning on oil palm, and its possible use for selection purposes. MARDI Research Bulletin 4:23-28.

10. Corley, R.H.V & Hew, C.K. (1976). Pruning. in *Oil Palm Research.* 307-313 (Eds. R. H. V Corley, J. J. Hardon and B. J. Wood). Amsterdam: Elsevier.

11. Hardon, J. J., Williams, C. N. & Watson, I (1969) Leaf area and yield in the oil palm in Malaysia. *Experimental Agriculture* 5:25-52

12. Prevot, P & Duchesne, J. (1955). Densités de plantation pour le palmier á huile. *Oléagineux* 10 117-122

13. Sly, J. M. A. & Chapas, L. S. (1963). The effect of various spacings on the first sixteen years of growth and production of the Nigerian oil palm under plantation conditions. *Journal of the West African Institute for Oil Palm Research* 4:31-45.