

INTRODUCCION

Las proyecciones de rendimiento y la interpretación de experimentos agronómicos a largo plazo en la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) se benefician considerablemente cuando se dispone de información confiable en el momento en que se determinan el número y el peso de los componentes del racimo. Esta información, que generalmente se describe como el período anterior a la antesis, tradicionalmente se calcula por inferencia (Broekmans, 1957; Sparnaaij, 1960; Sparnaaij et al., 1963; Turner, 1977). No obstante, las cifras calculadas varían considerablemente, posiblemente debido a las fluctuaciones en la rapidez de la producción de hojas y en el desarrollo de las inflorescencias, lo cual a su vez varía con la edad de la palma y las condiciones ambientales. Por lo tanto, sería mejor identificar la etapa real de desarrollo de la inflorescencia en la cual se determinan los componentes de rendimiento. No obstante, las etapas críticas de desarrollo por lo general ocurren antes de que se manifieste algún cambio en los primordios florales, de tal manera que no se pueden detectar mediante la disección. (Corley 1976).

Un criterio podría ser el de intervenir en el desarrollo de las inflorescencias mediante el raleo. El inicio de la respuesta al incremento súbito de la radiación solar indica en forma confiable la etapa de desarrollo en la cual se determina o se fija un componente específico (Corley, 1976). Corley (1976) encontró que el raleo inducía un aumento súbito en la proporción de inflorescencias femeninas respecto del total de las mismas (relación sexual), a diferencia de las palmas sin ralear. Hizo un seguimiento de la relación, tanto en palmas raleadas como no raleadas, en los folíolos numerados secuencialmente, registró la primera desviación positiva entre los dos grupos y determinó la correspondiente etapa de desarrollo de la diferenciación sexual sobre la base de la disección de las palmas raleadas en el momento del raleo.

En nuestra investigación utilizamos el método de raleo y disección de Corley, pero también analizamos todo el conjunto de componentes que contribuyen a la producción de racimos.

Componentes del rendimiento de racimos.

Determinación con base en el desarrollo de inflorescencias en la palma de aceite (*elaeis guineensis*)*

CJ. BREUKE ' Y T. MENENDEZ •

- * Tomado de Expl. Agric. Vol 26.
Traducido por Fedepalma.
1. Harrison Fleming Advisory Services, 1-4 Great Tower Street, Londres EC3R 5AB, Inglaterra
 2. PNG Oil Palm Research Asociacion, P.O. Box97, Kimbe, West New Britain, Papúa Nueva Guinea

Es importante anotar que los componentes que determinan el *número* de racimos producidos, como la relación sexual y la proporción entre las hojas y las inflorescencias abortadas, registrarán una respuesta discreta al tratamiento de raleo, puesto que un primordio floral puede convertirse en masculino o femenino, o puede abortar. En contraste, los componentes del *peso* presentarán una respuesta gradual y pueden responder en forma repetitiva al raleo de manera que la identificación idónea de una etapa crítica depende del análisis botánico (Van Heel et al., 1987). La primera parte del presente trabajo se concentra en los componentes del *número* de racimos y la segunda en los componentes de *peso*. En ambas partes los datos se derivan del mismo raleo. Con el objeto de maximizar la desviación entre las palmas raleadas y no raleadas, raleamos en un momento en el que existía una cantidad excepcionalmente alta de racimos en desarrollo. La gran "producción de fruto" afecta todos los componentes del rendimiento, debido a que los racimos en desarrollo demandan una gran cantidad de carbohidratos producidos por las hojas (Broekmans,

1957). El hecho de ralear conduce a un aumento de la producción fotosintética, de tal manera que la demanda excepcionalmente alta de carbohidratos para los racimos en desarrollo se satisface mejor en el grupo raleado que en el grupo sin ralear. Por consiguiente, cabría esperar que el raleo, en época de alta producción de fruto, aumente la diferencia de componentes del rendimiento entre el grupo raleado y el no raleado. La ganancia predecible en el rendimiento de racimos debido al raleo debe, a su vez, generar un incremento en la producción de fruto en las palmas raleadas pasado cierto tiempo después del raleo. Esto podría contrarrestar temporalmente la respuesta inicial al raleo. En el presente estudio hemos tenido en cuenta estos dos efectos de la producción de fruto.

COMPONENTES DEL NUMERO DE RACIMOS

La etapa crítica de abortos ocurre cuando las inflorescencias comienzan a alargarse rápidamente. Esto sucede cuando aproximadamente 10 hojas han abierto completamente, o sea alrededor de cinco meses antes de la antesis (en palmas productivas) (Henry, 1960; Broekmans, 1957; Gray, 1969; Corley, 1976). No obstante, existen algunas discusiones sobre si el aborto es más frecuente en las inflorescencias masculinas o en las femeninas (Henry, 1960; Broekmans, 1957; Bredas y Scuvie, 1960). No es de extrañar que existan discrepancias por cuanto, como lo señaló Corley (1976), la mayoría de las inflorescencias abortadas están demasiado descompuestas para poder determinar el sexo. Concluye, por inferencia de un ensayo de emasculación, que las inflorescencias abortadas eran en su mayoría femeninas, en cuyo caso las inflorescencias masculinas sobrevivientes aparecerían con frecuencia dentro de una serie de hojas con abortos. Según nuestras observaciones, y las de Broekmans (1957), los registros a largo plazo de floración de las palmas individuales no sustentan esta conclusión. Dado que se sabe que el raleo reduce la tasa de abortos (Breure et al., 1990; Corley, 1976), este estudio constituyó una oportunidad para verificar la validez de la conclusión de Corley, comparando las cifras de relación sexual (en la antesis) de las palmas raleadas y de las no raleadas. Para complementar el método de Corley (1976) de agrupar los registros de floración de tres meses, nosotros registramos el sexo de cualquier inflorescencia encontrada en las axilas de las hojas numeradas en forma secuencial. Así mismo, medimos el tamaño de las inflorescencias (extirpadas) de las palmas raleadas, utilizando el mismo

BOMBAS

HYDRAL

Ofrecemos los más altos índices de rendimiento y duración en el manejo de sólidos y líquidos abrasivos

ingeniería aplicada al desarrollo de Colombia

USOS MAS FRECUENTES

- * PALMISTERIA
- * LAVADORES DE FRUTA
- * ACEITE CRUDO
- * HIDROCICLONES

26 AÑOS PRODUCIENDO LOS EQUIPOS DE BOMBEO MAS EFICIENTES DEL MERCADO NACIONAL

VACIO TURBINA MULTIETAPAS PIÑONES

FABRICANTES

AI AGRO INDUSTRIAL

PEREZ Y CIA. LTDA.

Calle 14 No. 32-44 Tels.: 2775051 - 2472613 - 2471272
Fax (91) 2372565 A.A. 29625 BOGOTA D.E.

método de numeración, con el objeto de confirmar la etapa crítica de crecimiento para el aborto. Por último, se utilizó el mismo conjunto de registros de floración para verificar la validez del estimativo de Corley en cuanto a la etapa de diferenciación sexual.

Materiales y métodos

Las palmas del experimento fueron seleccionadas del tratamiento de mayor densidad (186 palmas ha.¹), sembrado con palmas *tenera* en la Estación Dami de Investigación sobre Palma Africana en Papúa Nueva Guinea en octubre de 1970, Breure da una descripción detallada de este ensayo (1977).

Las palmas de cada replicación se dividieron en dos grupos iguales. En un grupo se cortó la mitad de las palmas circundantes en octubre de 1981, dejando un total de 80 palmas experimentales, para las cuales aumentó la cantidad de luz. Nos referiremos a éste como el grupo "raleado" y lo compararemos con un total de 80 palmas de muestra, ubicadas en el centro del otro grupo, las cuales conservaron la misma densidad de siembra (grupo "no raleado"). En el momento del raleo, se numeró la primera hoja más joven totalmente abierta con el número +1 y las hojas más viejas se numeraron con números consecutivos en orden ascendente. La hoja más vieja sin abrir se numeró como 0 y las hojas más jóvenes, contando en forma consecutiva hacia el punto de crecimiento, se numeraron con números negativos. Puesto que todas, salvo unas pocas, se hallaban ocultas dentro del cogollo apical, los números negativos se colocaron a medida que las hojas iban saliendo después del raleo.

Todas, salvo las tres o cuatro hojas más jóvenes, adyacentes al cogollo apical, tenían primordios florales en las axilas (Henry, 1960), pero en la axila de las hojas más jóvenes que la hoja 0 la inflorescencia no estaba lo suficientemente desarrollada para poder definir el sexo, incluso mediante disección. A medida que las hojas seguían desarrollándose, eventualmente las inflorescencias emergían y el sexo se podía registrar

contra el número de la hoja.

Condiciones Ambientales

El promedio de radiación solar en Dami oscila entre 3.9 h. en enero y 6.5 h. en septiembre, para un total aproximado de 2.000 h. anuales. La precipitación es de 4.000 mm anuales y está bien distribuida, y por consiguiente, no existe deficiencia hídrica en términos generales, (Waringa, 1985). La polinización durante el período de raleo fue notable, debido a la intensa actividad de los insectos polinizadores introducidos cuatro meses antes. El raleo coincidió también con un pico en la antesis de las inflorescencias femeninas. Esta combinación de excelente polinización y gran cantidad de inflorescencias femeninas produjo una gran "producción de fruto" en las palmas en el momento del raleo.

Registros

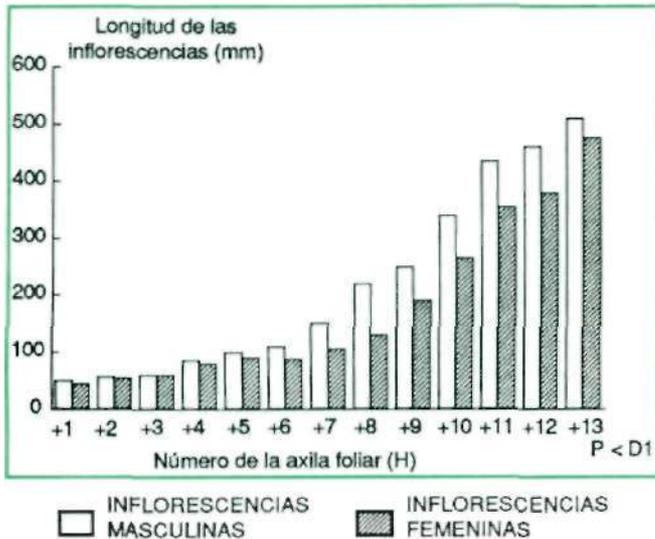
La longitud de las inflorescencias de ambos sexos desde la hoja número (H) +1 a la +13 se midió desde la base de la espiguilla proximal hasta la punta de la inflorescencia en las 80 palmas raleadas. Se escogió este rango de números foliares puesto que cubre las etapas de desarrollo en las cuales se sabe que las inflorescencias registran un crecimiento rápido (Corley, 1976).

Se hicieron secciones longitudinales de los primordios florales de una muestra de 48 palmas raleadas. Los primordios, con referencia al número foliar establecido en el momento del raleo, se examinaron bajo un microscopio de luz (Staritsky y Breure, 1985) con el fin de determinar las siguientes etapas principales: inicio de la primera bráctea en cuya axila se encierran espiguillas; inicio de las espiguillas; inicio de la primera bráctea en cuyas axilas se encierran flores en las espiguillas. Se registró el número foliar de las inflorescencias en antesis en el momento del raleo en las 80 palmas raleadas. Van Heel et al. (1987) describen en detalle estas etapas y los números foliares correspondientes, sobre los cuales han informado otros autores.

Tabla No. 1. Número Foliar (H-) de las etapas características en el desarrollo de las inflorescencias (cifras promedio de 48 palmas tumbadas en la población raleada)

	Número foliar	DS
Inicio de la primera bráctea que encierra espiguillas-	-18	1.9
Inicio de las espiguillas	-4	1.2
Inicio de la primera bráctea que encierra flores	-2	1.7
Antesis	+17	1.3

Gráfica 1 Longitud de las inflorescencias masculinas y femeninas en la axila foliar número +1 a +13.



El número de inflorescencias abortadas y el sexo de las sobrevivientes se registraron contra las hojas marcadas en el momento de la apertura entre enero de 1973 y diciembre de 1977 (antes del raleo). El análisis estadístico de estos datos mensuales preliminares (pruebe de Fisher de dos lados exactos χ^2) no arrojó diferencias significativas entre la relación sexual y la frecuencia del aborto. Por consiguiente, las diferencias que surgen después del raleo no se pueden atribuir a un error de muestreo.

Desde octubre de 1981 hasta noviembre de 1984 (los

primeros tres años después del raleo) se registró la floración para los números foliares secuenciales. Los pares de los números foliares secuenciales se agrupan en el análisis porque en las palmas productivas un par corresponde a un intervalo adecuado de tiempo de aproximadamente un mes (Hartley, 1988). Unas pocas inflorescencias de hecho surgieron en el momento de raleo pero la mayoría salieron durante el período de registro. El primordio floral más joven en el momento del raleo, aproximadamente en la axila de la hoja -40 no surgió hasta casi tres años después.

Resultados y discusión

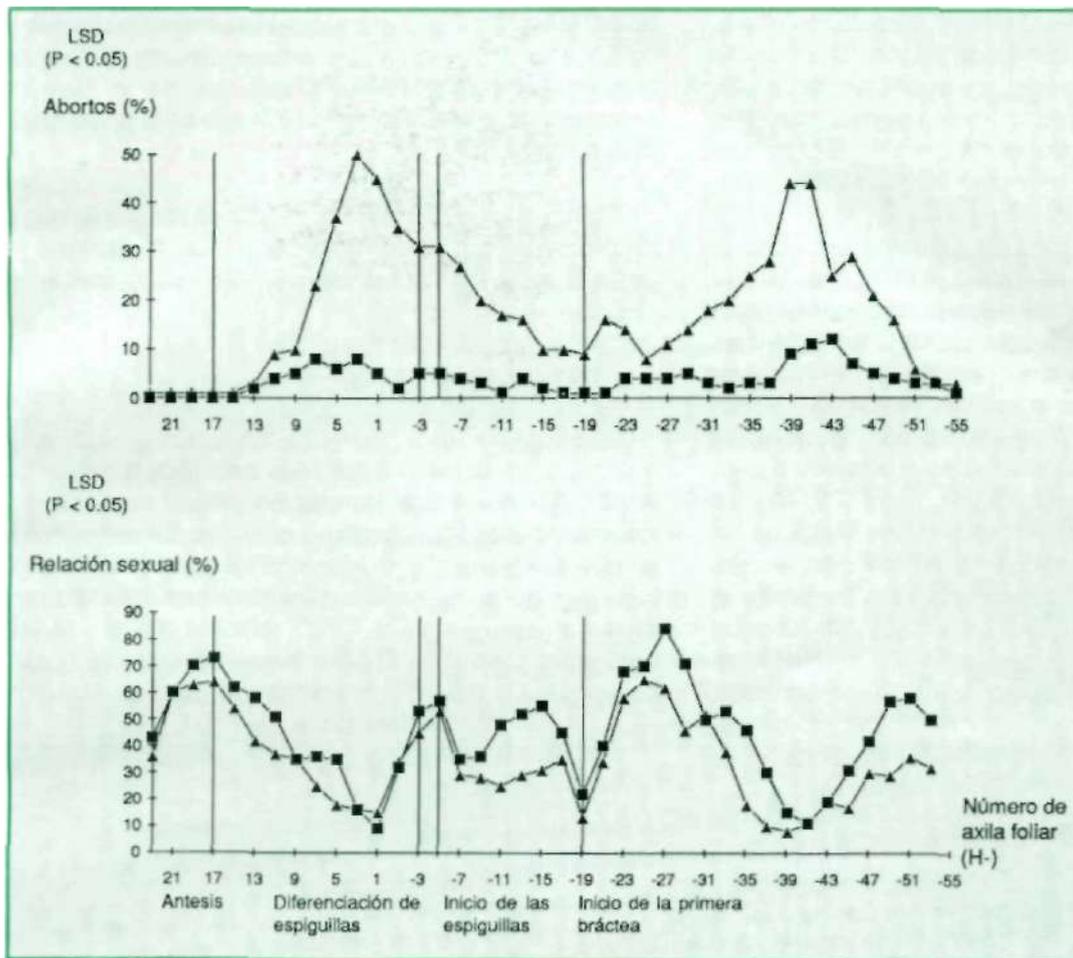
Desarrollo de Inflorescencias

Los resultados de la disección de las palmas raleadas en las primeras etapas (Tabla 1) fueron similares a los que observó Corley (1976) en palmas aproximadamente de la misma edad sembradas en aluviones costeros en Malasia Occidental, aunque estos datos indican una diferenciación anterior (hoja -27 para el inicio de la primera bráctea que encierra espiguillas y hoja -11 para el inicio de las espiguillas, comparadas con la -18 y -14 en nuestro estudio). Por otra parte, los resultados de Corley son similares a los de una muestra de palmas cortadas en la misma zona del experimento aproximadamente dos años después del raleo (van Heel et. al., 1987). Debido a que el presente estudio se basa en un método diferente, también se examinaron los

Tabla No. 2. Número de inflorescencias abortadas en 80 palmas raleadas y 80 no raleadas para los números foliares (H) +10 a -6 y proporción de inflorescencias femeninas a inflorescencias totales (relación sexual).

Número H	Inflorescencias abortadas		Relación Sexual		Probabilidad (Prueba de Fisher de dos lados exactos χ^2)
	Raleada	No raleada	Raleada	No raleada	
+10	4	5	0.39	0.37	0.82
+9	3	10	0.29	0.33	0.65
+8	8	14	0.34	0.29	0.53
+7	3	21	0.37	0.19	0.018*
+6	5	28	0.39	0.21	0.032*
+5	5	32	0.31	0.13	0.019*
+4	5	35	0.18	0.22	0.53
+3	6	37	0.16	0.09	0.29
+2	5	32	0.08	0.10	0.65
+1	3	36	0.10	0.18	0.22
0	1	26	0.23	0.30	0.40
-1	1	28	0.37	0.37	0.98
-2	4	23	0.45	0.42	0.71
-3	4	25	0.60	0.48	0.18
-4	2	21	0.61	0.58	0.73
-5	5	27	0.54	0.49	0.58
-6	3	24	0.32	0.34	0.78

* Denota importancia a $P < 0.05$



Gráfica No.2. (a) Porcentaje de abortos y (b) cambios en la relación sexual de las inflorescencias en las axilas foliares (números H) para las palmas raleadas y no raleadas. En las gráficas 2 a 5 los datos sobre inflorescencias ya emitidas en el momento del raleo (L +23/24 a L +17/18) aparecen en el extremo izquierdo y los de las inflorescencias sucesivas en orden de emisión después del raleo aparecen hacia la derecha. Cada punto representa los datos agrupados de dos hojas, de los cuales solamente el más viejo aparece en el eje X.

primordios florales de una submuestra de seis palmas raleadas bajo un poderoso microscopio de disección después de una tinción con JKJ (yoduro de potasio; van Heel et. al., 1987). Esto confirmó que el inicio de las espiguillas en el momento del raleo ocurrió en la hoja -4.

Es frecuente encontrar variaciones en los números foliares en los cuales ocurren las etapas características de desarrollo (Corley, 1976). Probablemente esto se deba a la inherencia de las condiciones ambientales y de la producción de fruto sobre la rapidez del desarrollo de las inflorescencias y al ritmo en que abren las hojas de la flecha (Broeckmans, 1957).

Según informe de Broeckmans (1957), las inflorescencias crecían lentamente durante el período inmediatamente posterior a la apertura de las hojas y más rápidamente en las hojas más viejas, alrededor de la H +6 (Gráfica 1). De acuerdo con los hallazgos de Corley (1976), las inflorescencias femeninas llegaban a la etapa de alargamiento rápido aproximadamente una

hoja, o sea alrededor de dos semanas, antes que las masculinas. Las inflorescencias femeninas eran considerablemente más grandes que las masculinas ($P < 0.0001$) desde la hoja +7 en adelante.

Abortos

El porcentaje de hojas con inflorescencias abortadas comenzó a descender más significativamente (prueba exacta χ^2 de Fisher para dos muestras independientes) en las palmas raleadas que en las no raleadas en las axilas foliares de la H+11/+12 (Gráfica 2). Las diferencias se marcaron en las axilas de las hojas más jóvenes que la +7/+8, lo cual demuestra que, en el grupo de palmas estudiadas, los abortos se registran en el rango de la H +11/+12 a la H+7/+8, es decir cuando las inflorescencias comienzan a alargarse rápidamente (Gráfica 1), lo que se asemeja a los informes de Henry (1960), Broeckmans (1957) y Corley (1976).

La Tabla 2 presenta la cifra total de inflorescencias

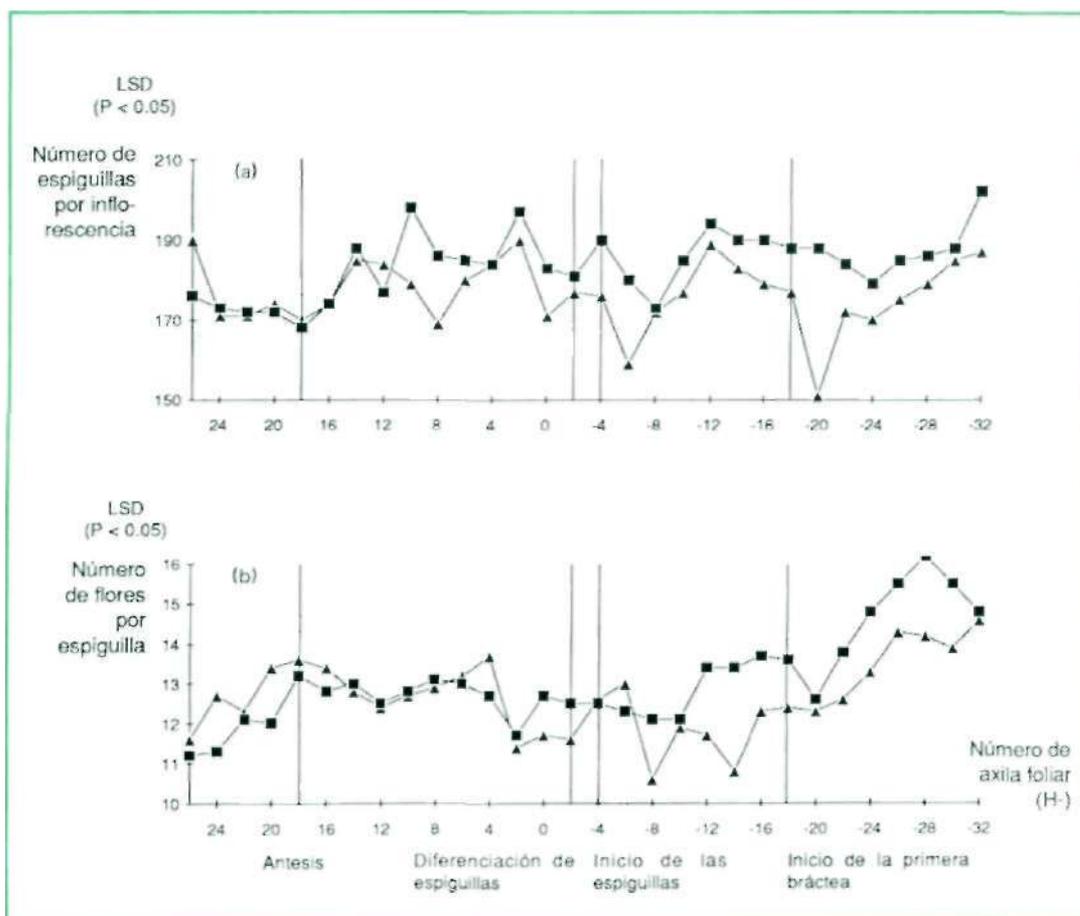
abortadas y las cifras de relación sexual de la H +10 a la -6, es decir el rango dentro del cual se manifestaron las primeras diferencias en cuanto a abortos (Gráfica 2), hasta la última etapa de diferenciación sexual (van Heel et al., 1987), para ambos grupos de palmas. El patrón de datos es consistente con la tendencia de la totalidad de los números foliares en estudio (Gráfica 2), en el sentido de que en promedio fueron muchas más las inflorescencias abortadas en el grupo no raleado que en el otro. La alta tasa de abortos en el grupo no raleado no generó ningún cambio marcado en la relación sexual de las inflorescencias que sobrevivieron, salvo en la H +5, H +6 y H +7, donde se observaron relaciones sexuales más bajas en el grupo no raleado que en el raleado. Por consiguiente, las inflorescencias abortadas en el grupo no raleado deben haber sido en su mayoría femeninas. Las H +5, +6 y +7 también fueron las primeras axilas foliares en que se observó un marcado incremento de abortos en las palmas no raleadas (Gráfica 2); además, las inflorescencias femeninas de estas hojas eran más largas y comenzaron a crecer en una etapa foliar más temprana que la de las masculinas (Gráfica 1). Puesto que la base de estas

hojas jóvenes de la corona todavía está estrechamente ligada a la hoja vecina, las inflorescencias femeninas pueden estar más comprimidas durante la fase de expansión que las masculinas al *inicio de* la prolongada fase de abortos.

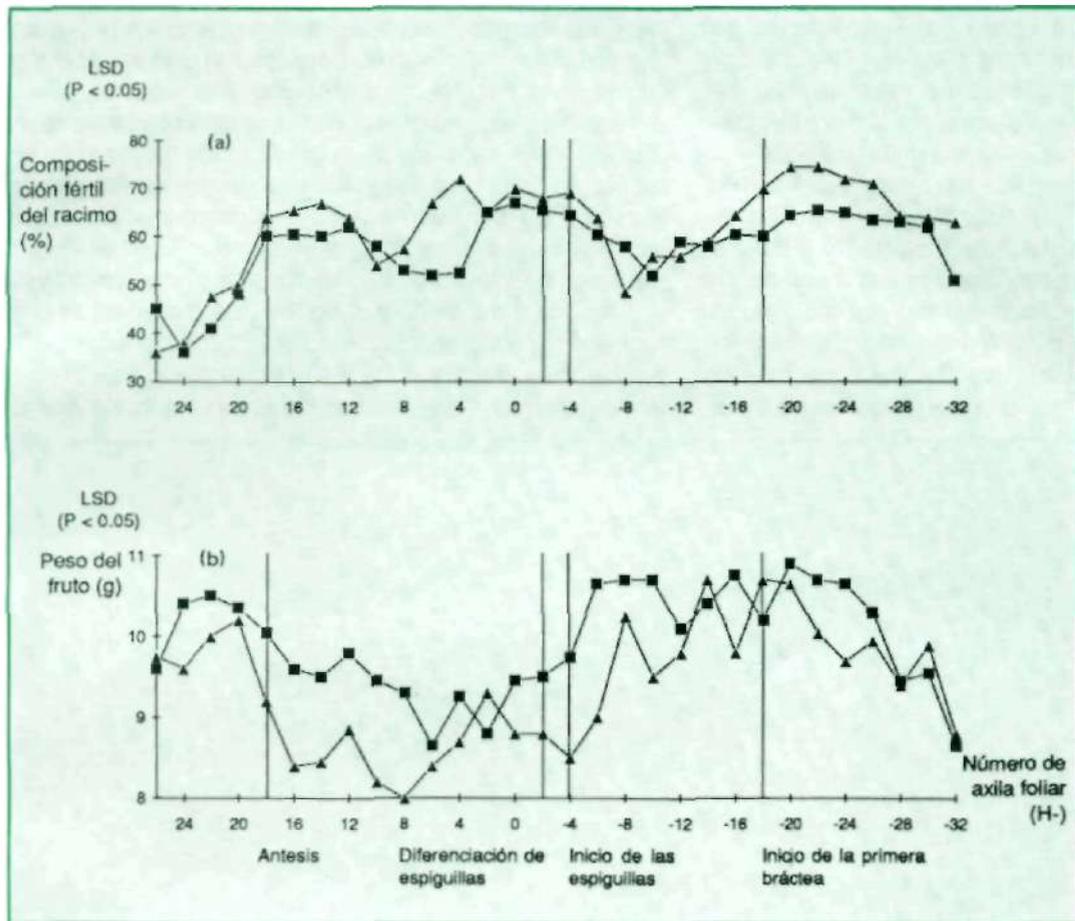
Por consiguiente nuestros resultados sugieren que el aborto preferencial de inflorescencias femeninas se limita a un período más corto que el que sugiere Corley (1976).

Determinación del sexo

La etapa de desarrollo de la diferenciación sexual se indica por el número foliar más alto (etapa mayor de desarrollo) en el cual la relación sexual aumenta por encima de la de las palmas no raleadas. Se deben tener en cuenta solamente los números foliares anteriores a la iniciación de las espiguillas, puesto que en las hojas más viejas el sexo ya debe estar definido. La H -11/-10, aproximadamente seis hojas antes de la iniciación de las espiguillas, es la primera etapa y la más probable



Gráfica 3. (a) Número de espiguillas por inflorescencia y (b) número de flores por espiguilla en las axilas foliares secuenciales (números H) para las palmas raleadas y no raleadas.



Gráfica 4. (a) Porcentaje composición fértil del racimo y (b) peso del fruto individual en las axilas foliares secuenciales (números M) para las palmas raleadas y no raleadas.

(Gráfica 2). Esta es aproximadamente la etapa que infirieron van Heel y colaboradores (1987) a partir del estudio morfológico sobre el desarrollo de las inflorescencias. Corley (1976) apoya empíricamente lo anterior con base en estudios de campo, puesto que encontró que el primer incremento significativo de la relación sexual en las palmas raleadas se registra inmediatamente antes de la iniciación de las espiguillas. En este estudio el aumento de la relación sexual en las palmas raleadas desaparecía en un conjunto de hojas más jóvenes, análogo a la virtual desaparición de la respuesta que encontramos entre la H -17 y la -23.

COMPONENTES DEL PESO DEL RACIMO

A diferencia de las respuestas discretas de los componentes del número de racimos, los componentes de peso pueden responder más gradualmente a la intervención del raleo. Esto se aplica a los componentes que llegan a su peso definitivo por expansión, como los

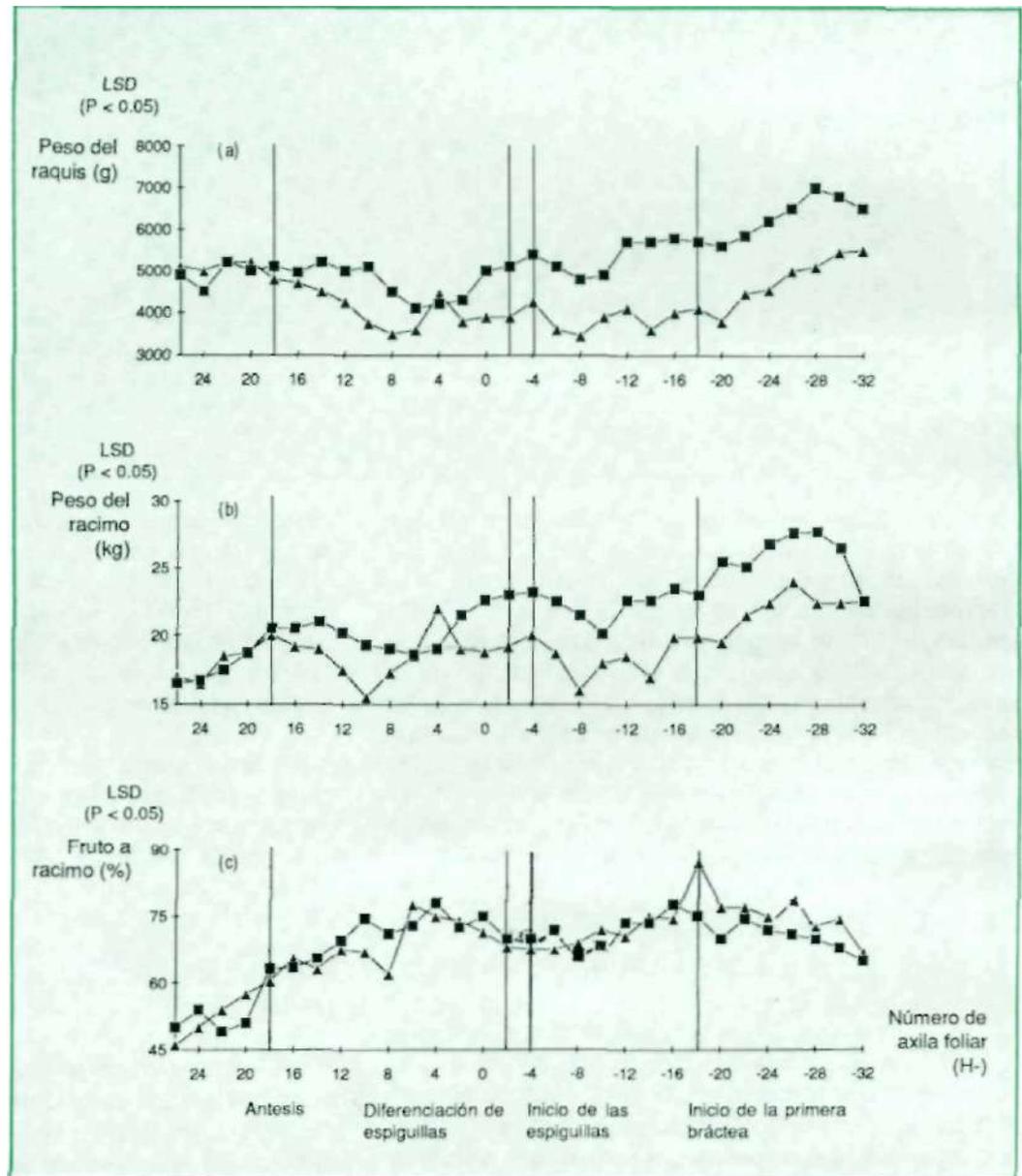
frutos individuales y el raquis del racimo. Por consiguiente, se espera una respuesta máxima de los componentes que están al inicio de la etapa de expansión rápida en el momento del raleo, es decir aproximadamente la H +7 para el peso del raquis (Gráfica 1) y poco después de la antesis para el peso del fruto (L +17; Tabla 1), pero puede nivelarse en cero una vez terminada la expansión.

Pueden surgir relaciones intrínsecas entre los componentes del peso que fortalecen o reducen la respuesta de un determinado componente. Por ejemplo, la supuesta respuesta (positiva) del número de flores debe estar acompañada de un fortalecimiento del tejido de soporte (raquis); por otra parte, la ganancia en el número de flores debe contrarrestarse con una reducción del peso del fruto individual, como lo supone Broekmans (1957).

Puesto que la interpretación de resultados puede ser bastante compleja, es útil tener una descripción morfológica detallada como la de van Heel et. al., (1987). Esta descripción es especialmente relevante para la

identificación de la etapa crítica para el número de espiguillas y el número de flores por espiguilla. Corley (1977) informa que después de un raleo parcial de botones el número de espiguillas por inflorescencia responde entre 14 y 17 meses antes de la cosecha y el número de flores por espiguilla aproximadamente 14 meses antes de la misma; en las palmas maduras esto corresponde aproximadamente a la etapa de la flecha central (L +1). Sin embargo, como se puede derivar de la secuencia fija de desarrollo de las inflorescencias (van Heel et al., 1987), esta coincidencia es dudosa desde el punto de vista botánico. El desarrollo de los primordios de las espiguillas comienza en algún lugar debajo del

ápice del eje primario y avanza hacia abajo (en secuencia basipetalífera). En esta etapa el eje primario ha concluido la mayor parte de su desarrollo y el volumen de la mayoría de las espiguillas por consiguiente ya se habrá fijado (W.A. van Heel, comunicación personal). No obstante, algunas espiguillas emergen en secuencia basipetalífera hasta que concluye completamente el desarrollo meristemático del eje primario. La intervención del raleo puede prolongar el desarrollo y por consiguiente la iniciación de las espiguillas. Puesto que solamente había dos números foliares entre el inicio de la espiguilla y el inicio de la diferenciación (Tabla 1), es posible que todas salvo unas pocas espiguillas ya estuvieran



Gráfica 5. (a) Peso del raquis, (b) peso del racimo y (c) porcentaje fruto a racimo en las axilas foliares secuenciales (números H) para las palmas raleadas y no raleadas.

diferenciadas, de manera que la *media* del número de flores por espiguilla, entérminos generales, se determina antes de concluir completamente la iniciación de las espiguillas. La etapa en la cual se determina el número de flores por espiguilla y, en una etapa posterior, cuando concluye el desarrollo meristemático del eje primario, también debe ser crucial para el peso del raquis. Pero la etapa final en la cual se determina el raquis debe ser durante la expansión rápida de las inflorescencias, comenzando aproximadamente 10 hojas antes de la antesis (Gráfica 1). El peso del raquis por consiguiente alcanzó la respuesta definitiva al raleo en tres etapas sucesivas.

Todos los componentes responden en forma positiva al raleo, salvo la composición del racimo, como lo demostraron Breure et al. (1990), quienes sostienen que la respuesta negativa de la composición del racimo a la eliminación de la competencia por la luz puede producirse por la reducción de la eficiencia de los insectos polinizadores en las palmas donde el espaciamiento es menos denso.

Registros

Se analizaron los componentes aproximadamente del 75% de todos los racimos cosechados, según el siguiente procedimiento: primero se marcó una muestra de espiguilla trazando una banda aproximadamente de 5 cm., desde la base hasta la punta del racimo, tanto distalmente en relación con el eje como lateralmente. Más adelante se retiraron y contaron las espiguillas cuidadosamente y se pesó el pedúnculo restante. Se retiraron todos los frutos de las muestras (marcadas) de las espiguillas. Posteriormente, se pesaron y contaron las muestras de espiguillas vacías y los frutos fértiles y partenocárpicos en forma separada para extraer la proporción de fruto fértil respecto del total de flores (composición del racimo), el promedio de flores por espiguilla y la media del peso del fruto individual. Por último, con el objeto de registrar la proporción de fruto a racimo, se infirió el peso total del fruto fértil a partir del producto del número de espiguillas, las flores por espiguilla, la composición del racimo y el peso medio del fruto individual.

Resultados y discusión

Número de espiguillas

Como se infiere de van Heel et al. (1987), el número de espiguillas por inflorescencia solamente se puede

Trisyl®

NUEVA TECNOLOGIA

SILICA PARA LA REFINACION DE
ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES

VENTAJAS

- * Mejor calidad y estabilidad del producto.
- * Reducción sensible de absorbentes (60%).
- * Ciclos de filtración más largos.
- * Menos pérdidas de aceite en filtración.
- * Mayor rendimiento de los procesos.
- * Menor consumo de catalizador en hidrogenación.
- * Optima utilización de equipos (Centrífugas).
- * Reducción de consumo de agua, vapor y energía.
- * Reducción de reprocesamientos.
- * Reducción del tratamiento de efluentes.
- * Eliminación de riesgo de autoignición de las tortas de filtración.

EN POCAS PALABRAS...
MEJORAMIENTO Y ECONOMIA DE
PROCESO.

GRACE



Grace Colombia S.A.
Calle 18 No. 69-19 - Tel. 4112827 - Fax 2922163
Santafé de Bogotá / Colombia

fijar cuando concluye el desarrollo meristemático del eje primario, es decir después de la aparición de la primera espiguilla en la H -4. En este rango, el incremento en la H 0/-1 (Gráfica 3), aunque no es significativo, es un indicio de la etapa en la cual se determina el número de espiguillas.

Las observaciones en la palmas diseccionadas confirman que en esa etapa concluye el desarrollo meristemático del eje primario (W.A. van Heel, comunicación personal, 1986). Corley (1977) sustenta lo anterior con evidencias y sugiere que existe un retraso de 14-17 meses antes de la cosecha, lo que coincide aproximadamente con la etapa en la cual la hoja termina de abrir completamente.

La respuesta desaparece entre la H -8 y -13, posiblemente debido al aumento de la producción de fruto en las palmas raleadas. El incremento en la H +10 a +7, por otra parte, sólo puede ser un artifice, ya que en esa etapa el desarrollo meristemático del eje primario había cesado y las inflorescencias crecían rápidamente (Gráfica 1). En estas axilas foliares, como se estableció anteriormente, el aborto puede ser más factible entre las

inflorescencias más grandes. Puesto que también se espera que tengan un mayor número de espiguillas, el aumento que se registró en el grupo raleado a nivel de la H +10 a +7 realmente puede ser consecuencia de que el grupo no raleado registra mayor pérdida de inflorescencias, con un número relativamente más alto de espiguillas.

Flores por espiguilla

Las primeras brácteas de la espiguilla aparecen aproximadamente dos hojas después del inicio de la espiguilla (Tabla 1). En este momento se esperaba que el número de flores por espiguilla ya se hubiese fijado a nivel celular y, puesto que parece que el número de espiguillas se determina en la H +0/-1 (Gráfica 3), solamente se deben tener en cuenta los incrementos en las hojas más jóvenes que la H +2. En este rango, el primer aumento significativo ocurrió en la H -12/-13 (Gráfica 3), lo cual corresponde aproximadamente a ocho hojas antes de la aparición de los primeros primordios de las espiguillas (Tabla 1). Esta es prácticamente la misma etapa de desarrollo que la de la diferenciación sexual (Gráfica 2). Puesto que el número de flores por espiguilla es la clave de la diferenciación sexual, la observación de que estas dos etapas coinciden ampliamente constituye una prueba adicional de que el número de flores por espiguilla se determina en la H-12/-13.

Composición del racimo

Es lógico que la composición del racimo solamente se puede determinar en la antesis, cuando responde negativamente al raleo, pero la magnitud de la respuesta fluctúa en forma marcada. Los conjuntos de hojas que presentan una respuesta significativa, entre la H +9 y la +6 y también de la H -17 a la -26, se alternan con conjuntos en los cuales desaparece la diferencia entre las dos poblaciones (Gráfica 4).

La falta de respuesta más notoria se registró entre las inflorescencias de la H -6 a la -16, las cuales, suponiendo que la emisión mensual sea de dos hojas, deben haber llegado a la antesis entre noviembre de 1982 y abril de 1983, período de mayor precipitación y menor radiación solar. Durante este lapso (más oscuro), el efecto benéfico de la mayor densidad de siembra sobre la actividad de los insectos polinizadores probablemente sea menos pronunciado. Las fluctuaciones de las respuestas por lo tanto pueden estar relacionadas con la nubosidad.



ASTORGA
Astorga Ltda. vinculada
al desarrollo de la zona de Tumaco.

Tenemos semillas de Kudzú importadas
para la venta.

Informes:
Tels. 422612 - 424193 - Fax 422395 - Télex 55403 VLHSA
CO. - Cali

Peso del fruto individual

Como era de esperarse, el peso del fruto individual registró una respuesta menor (positiva) al raleo entre la H +18 y +24, correspondiente a la etapa de crecimiento del fruto (Corley, 1986) y una respuesta significativa cuando las inflorescencias se estaban acercando a la antesis (Gráfica 4). La respuesta desapareció temporalmente entre la H +6 y la H 0, entre la H -11 y -18, y por último entre la H -27 y -30.

Los dos últimos rangos coinciden con la respuesta más pronunciada en cuanto al número de flores por espiguilla (Gráfica 3), lo cual sugiere que se contrarresta el peso del fruto debido al aumento de la cantidad de flores.

Peso del raquis

Nuestros resultados demuestran claramente que el raleo produjo la respuesta esperada de tres pasos en el peso del raquis, el cual aumentó de la H +16 a la +10, seguido por un segundo y abrupto aumento en la H 0 y llegó al nivel definitivo en las hojas más jóvenes que la -12/-13 (Gráfica 5). No obstante, el aumento inicial en el grupo raleado comenzó a nivelarse en la H +10 hasta que las dos curvas descienden en la H +4/+3, con una pendiente pronunciada entre la H +9/+8 y la H +3/+2. Puesto que la respuesta inicial al raleo fue pronunciada, su desaparición debe ser consecuencia del efecto de contrapeso (esperado) de la producción de fruto en las palmas raleadas.

Peso del racimo

La primera respuesta positiva del peso del racimo al raleo, en las axilas de la H +12/+11 (Gráfica 5) debe haber sido resultado del aumento de peso tanto del raquis (Gráfica 5) como del fruto individual (Gráfica 4). La respuesta llegó al nivel máximo y relativamente más estable en la H 0/-1, es decir en la etapa en la cual se manifestó una respuesta positiva en el número de espiguillas y el incremento (adicional) del peso del raquis. La respuesta del peso del racimo no cambió en las hojas más jóvenes, pero desde la H -18/-19 la proporción fruto a racimo era mayor en las palmas no raleadas (Gráfica 5). El descenso de la relación fruto a racimo en estas hojas más jóvenes puede estar ligado al mayor número de flores por inflorescencia, lo cual, como se dijo anteriormente, debe haber contrarrestado el peso del fruto individual (Gráfica 4), aunque sin afectar el peso del raquis (Gráfica 5).

DISCUSION GENERAL

Nuestro método de raleo y disección demostró que la diferenciación sexual ocurre en la H -10/-11, es decir aproximadamente 14 meses antes de la antesis (Tabla 1), suponiendo que se produzcan dos hojas mensuales. Este intervalo difiere de la observación de Corley (1976) en el sentido de que en Malasia se registró una caída en la relación sexual entre 19 y 22 meses después de una sequía prolongada y difiere también de los intervalos de 24 meses que se infieren para los cultivos de Africa Occidental (Broeckmans, 1957; Spamaaij et al., 1963).

Existen diversos factores que dan cuenta de tales discrepancias. En primer lugar, la iniciación de las espiguillas en las palmas de nuestro experimento se registró en la H -4, en el momento del raleo, mientras van Heel et al. (1987), en su trabajo en la misma zona experimental, informaron que la iniciación de las espiguillas

¿TERRIBLE SEQUIA?

THOBIPAT



La solución ya llegó: **THOBIPAT** almacenador de agua granulado que permite garantizar la humedad de la planta hasta por 45 días.

VENTAJAS DEL PRODUCTO

- Ayuda valiosa para su plantación.
- Ahorra del 20 al 30% de fertilizantes.
- Mantiene permanentemente la humedad.
- Cuida el suelo de malezas.
- Su aplicación es para toda clase de plantas.

HEERDESTR 23
W-4400 MÜNSTER
ALEMANIA

se registraba en la H -10, poco después del raleo. Además, si bien Sparnaaij (1960), trabajando en Africa Occidental, informó sobre la misma producción que en el Asia, la disección de las palmas que crecen en este ambiente sugiere que las etapas de desarrollo características de los primordios florales se presentan en números foliares considerablemente más bajos que los que Corley (1976) encontró en palmas analizadas en Malasia y Saba. Por ejemplo, en Africa Occidental, Henry (1960) observó la iniciación de las espiguillas en la H -20, a diferencia de la H -6 a -3 registrada en Malasia (Corley, 1976). Henry (1960), Beirnaert (1935) y Broekmans (1975) también observaron la diferenciación de las espiguillas (la etapa en la cual se manifiesta la diferenciación sexual) en la H -10 a -18, a diferencia de la H -2 que por lo general se encuentra en Asia (Corley, 1976). Esto significa que el desarrollo de las inflorescencias es más lento en Africa Occidental que en un ambiente asiático favorable. La tasa de crecimiento relativamente lenta está en línea con el período más prolongado de expansión de las hojas de la corona que se registra en Africa Occidental (Corley et al., 1973).

En un cierto ambiente, el método de inferencia también puede mostrar resultados poco confiables, como se observa en los dos experimentos realizados en Africa

Occidental, donde Sparnaaij et al. (1963) observaron un descenso de la relación sexual 24 meses después de una poda severa en un experimento, mientras en otro (Sparnaaij, 1960) se informó sobre el aumento de la relación sexual 19 meses después de la eliminación de la competencia por la luz por parte de las palmas circundantes. Estos resultados inconsistentes han surgido debido a que la poda tiene un efecto negativo y el incremento de la luz solar un efecto positivo sobre la producción fotosintética que puede haber desacelerado o acelerado el desarrollo de las inflorescencias, respectivamente. Las diferencias observadas en el retraso por lo tanto pueden ser atribuidas a diferencias en la rapidez del desarrollo de las inflorescencias, dependiendo de las condiciones de crecimiento.

También pueden presentarse variaciones en el tiempo de retraso si la diferenciación sexual se registra en diferentes etapas de desarrollo, como lo sugiere Corley (1976). No obstante, esta hipótesis no encuentra sustentación en un estudio reciente de van Heel et al. (1987) ni en el presente estudio, en el cual se demuestra que la diferenciación sexual y la determinación de flores por espiguilla, característica morfológica clave que diferencia los sexos, se registra en la misma etapa de desarrollo.

Como resultado de nuestro tratamiento de raleo, el peso del raquis aumentó, lo cual coincide con la fuerte respuesta positiva a la menor densidad de siembra sobre la cual informan Breure et al. (1990). El aumento, comenzando en la H +15/+14, era bastante pronunciado y la falta de respuesta subsiguiente en las axilas de las H +2 a +7 necesariamente se debe al aumento de la producción de fruto en las palmas raleadas después de la aparición de aproximadamente 10 hojas. Este pico de producción de fruto debe ser consecuencia de la reducción de inflorescencias femeninas abortadas entre las H +5 y +7 (Tabla 2). No obstante, el efecto debe ser de duración corta, puesto que el peso del raquis de las palmas raleadas era consistentemente mayor que el de las no raleadas. Esta explicación es razonable por cuanto la reducción de los abortos no solamente aumenta el número de inflorescencias femeninas sobrevivientes sino que acelera su desarrollo posterior (Broekmans, 1957).

El súbito aumento de la producción de fruto en las palmas raleadas también puede explicar la desaparición transitoria de respuesta en el número de espiguillas entre la H -8 y la -13 (Gráfica 3), las flores por espiguilla entre la H -18 y la -21 (Gráfica 3), el peso del fruto



Correos de Colombia

Adpostal

Estos son nuestros servicios utilícelos!

- SERVICIO DE CORREO ORDINARIO
- SERVICIO DE CORREO CERTIFICADO
- SERVICIO DE CERTIFICADO ESPECIAL
- SERVICIO ENCOMIENDAS ASEGURADAS
- ENCOMIENDAS CONTRA REEMBOLSO
- SERVICIO CARTAS ASEGURADAS
- SERVICIO DE FILATELIA
- SERVICIO DE GIROS
- SERVICIO ELECTRONICO BUROFAX
- SERVICIO INTERNACIONAL APR/SAL
- SERVICIO "CORRA"
- SERVICIO RESPUESTA COMERCIAL
- SERVICIO TARIFA POSTAL REDUCIDA
- SERVICIOS ESPECIALES

Teléfono para quejas y reclamos: 334 03-04
341 55-36
Bogotá

*Cuente con nosotros
Hay que creer en los Correos de Colombia*

individual entre la H +6 y la +1 (Gráfica 4) y la relación sexual entre la H -16 y la -25 (Gráfica 2). El mismo fenómeno también puede haber producido una pendiente pronunciada en la composición del racimo de las palmas raleadas entre las H +8 y +5 (Gráfica 4). Por lo tanto, el efecto del supuesto pico temporal de la producción de fruto en las palmas raleadas sobre los componentes de la producción, que se registró aproximadamente 10 hojas después de la respuesta inicial al raleo, es una evidencia que sustenta las etapas críticas de desarrollo que se infieren del tratamiento de raleo.

Corley (1976) también encontró una falta transitoria de respuesta en la relación sexual entre la H -16 y la -25 (Gráfica 2), después de un claro aumento en las palmas raleadas aproximadamente en la etapa de iniciación de las espiguillas. Ignorando esta respuesta inicial, concluyó que la diferenciación sexual debe haber ocurrido cuando la relación sexual era consistentemente más alta en las palmas raleadas. En este experimento, esto corresponde con la etapa inmediatamente anterior al inicio de la primera bráctea que encierra espiguillas. Esta es en una etapa de desarrollo anterior a la que cabría esperar debido a que las inflorescencias femeninas y masculinas no difieren en el número de espiguillas, pero sí difieren sustancialmente en el número de flores por espiguilla. Es necesario anotar que Corley ajustó las cifras de relación sexual en su informe de 1976 al suponer que todas las inflorescencias abortadas eran femeninas. Encontramos que tal ajuste no se justifica. Por lo tanto, debido a una tasa más alta de abortos en las palmas no raleadas, el aumento (inicial) real de la relación sexual en las palmas raleadas al inicio de las espiguillas debe haber sido más pronunciado que el que informó Corley (1976). Por consiguiente, sus resultados apuntan hacia la misma etapa de desarrollo que nosotros encontramos (Gráfica 2). La hipótesis de Corley sobre aborto preferencial de inflorescencias femeninas ha sido aceptada ampliamente y fue adoptada por Hartey (1988), quien ajustó las cifras de relación sexual establecidas por Sparnaaij (1960) en conformidad. A diferencia de la interpretación de Sparnaaij, esto produjo un aumento en la relación sexual por el aumento de la competencia por la luz, lo cual no coincide con los resultados de nuestro experimento (Gráfica 2) ni con los de otros informes (Breure et al., 1990; Corley, 1976).

Para resumir, nuestro estudio sobre raleo identifica las etapas críticas de desarrollo de la inflorescencia en las cuales se determinan los componentes de la producción de la palma. La primera etapa, y la más importante en lo que se refiere a la cantidad de racimos, es inmediatamente

antes del inicio de las espiguillas, cuando se determina la proporción entre las inflorescencias femeninas y el total de las mismas (relación sexual). El peso del racimo se determina principalmente cuando el desarrollo meristemático del eje primario prácticamente ha concluido; en esta etapa se determinan el peso del raquis y el número definitivo de espiguillas por inflorescencia. Las inflorescencias tienden al aborto y el raquis alcanza su tamaño definitivo al inicio de la expansión rápida del eje primario. Al fijarse el número de racimos, el peso del racimo puede ser alterado poco después de la anthesis cuando se determinan la composición del racimo y el peso del fruto.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración del personal de la Estación Dami de Investigación sobre Palma Africana en la recopilación de datos. El Dr. W.A. van Heel y la Sta. Linda Putman colaboraron amablemente con la disección y análisis de los primordios florales. Agradecemos al Dr. R.H.V. Corley por sus valiosos comentarios, al Dr. L.D. Sparnaaij por la revisión crítica del primer borrador del manuscrito y al Dr. P.J.G. Keuss por su ayuda editorial. Apreciamos la colaboración del Dr. L.R. Verdooren y del Sr. M. Suwetja en el análisis de resultados. Los autores agradecen a Harrison Fleming Advisory Services Limited (CJB) y a la Asociación de Investigación sobre Palma Africana de Papúa Nueva Guinea (TM) por su autorización para publicar los resultados.

BIBLIOGRAFIA

- Beirnaert, A. (1985). Introduction á la biología florale du palmier á huile (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Publications de l'Institute National pour l'Etude Agronomique du Congo Belge. Série Scientifique* 5.
- Bredas, J.&Scuvie, L. (1960).Apercudes influences climatiques sur les cycles de production du palmier á huile. *Oléagineux* 15: 211-222.
- Breure, C.J. (1977). Preliminary results from an oil palm density X fertilizar 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.
- Breure, C.J., Menendez, T. & Powell, M.S. (1990). The effect to planting density on the yield components of oil palm (*Elaeis guineensis*). *Experimental Agriculture* 26: 117-124.

- Broekmans, A.F.M. (1957). Growth, flowering and yield of the oil palm in Nigeria. *Journal of the West African Institute for Oil Palm Research* 2: 187-220.
- Corley, R.H.V. (1976). Inflorescence abortion and sex differentiation. In *Oil Palm Research*, 37-55 (Eds R.H.V. Corley, J.J. Hardon and B.J. Wood). Amsterdam: Elsevier.
- Corley, R.H.V. (1986). Oil Palm. In *CRS Handbook of Fruit Set and Development*, 253-258 (Ed. S.P. Meselise).
- Corley, R.H.V. (1977). Oil Palm yield components and yield cycles. In *International Developments in Oil Palm*, 116-129 (Eds DA Earp and W. Newall). Kuala Lumpur: Incorporated Society of Planters.
- Corley, R.H.V., Hew, C.K., Tam, T.K. & Lo, K.K. (1973). Optimal spacing for oil palm. In *Advances in Oil Palm Cultivation*, 52-69 (Eds R.L. Wastie and D.A. Earp). Kuala Lumpur: Incorporated Society of Planters.
- Gray, B.S. (1969). A study of the influence of genetic, agronomic and environmental factors on the growth, flowering and bunch production of the oil palm on the West Coast of West Malaysia. Ph.D Thesis, University of Aberdeen.
- Hartley, C.W.S. (1988). *The Oil Palm*, London: Longman.
- Henry, P. (1960). Recherches cytologiques sur l'appareil floral et la gaine chez *Elaeis guineensis* et *Cocusnucifera* L. La formation de l'appareil floral. *Revue Générale de Botanique* 68: 111-132.
- Heel, van W.A., Breure, C.J. & Menendez, T. (1987). The early development of inflorescences and flowers of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). seen through the scanning electron microscope. *Blumea* 32: 67-78.
- Sparnaaij, L.D. (1960). The analysis of bunch production in the oil palm. *Journal of the West African Institute for Oil Palm Research* 3: 109-180.
- Sparnaaij, L.D., Rees, A.R. & Chapas, L.C. (1963). Annual yield variation in oil palm. *Journal of the West African Institute for Oil Palm Research* 4: 111-125.
- Staritsky, G. & Breure, C.J. (1985). The morphogenesis of the inflorescences of the oil palm in relation to yield components. *Acta Botanica Neerlandica* 34: 437-438.
- Turner, P.D. (1977). The effects of drought on oil palm yields in south-east Asia and the south Pacific region. In *International Developments in Oil Palm*, 673-694 (Eds D.A. Earp and W. Newall). Kuala Lumpur: Incorporated Society of Planters.
- Waringa, N.A. (1985). Soil moisture and climate in the West New Britain Area. Internal report, Agricultural University, Wageningen, Holland.

RESUMEN

Las etapas de desarrollo de las inflorescencias de la palma africana, que determinan el número y peso de los componentes de los racimos de fruto, fueron identificadas mediante el raleo, con el objeto de intervenir en el desarrollo de las palmas, y a través de una muestra en palmas disectadas. Esto demostró que la proporción de inflorescencias femeninas respecto del total de inflorescencias y el número de flores por espiguilla se determinaban ocho hojas antes del inicio de las espiguillas. El número de espiguillas por inflorescencia se relaciona con el desarrollo meristemático del eje primario. Las inflorescencias eran susceptibles al aborto al inicio de la expansión rápida del eje primario. El peso del raquis respondió al raleo en estas tres etapas de desarrollo. El peso del fruto individual respondió poco después de fijarse la composición del racimo en la antesis; la respuesta se niveló en las axilas de las seis hojas más viejas. Al inicio de la fase de aborto, prácticamente todas las inflorescencias abortadas eran femeninas, aunque posteriormente la proporción de abortos era igual para las inflorescencias masculinas y femeninas. Nuestro estudio sugiere que el número y peso de los componentes del racimo se determina en una etapa específica de desarrollo, aunque el período anterior a la antesis puede variar considerablemente como resultado de las fluctuaciones en la rapidez del desarrollo de las inflorescencias.