

Capítulo VII-A. EVALUACION DE ALGUNOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN UNA PLANTACION DE HIBRIDOS DE CACAO DE 5 AÑOS DE EDAD EN LA REGION DE GRANADA (META)

Germán Tovar¹, y Mario Ortíz.²

¹ *Profesor Titular.*

² *Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. A.A. 14490. Santa Fé de Bogotá, D.C.*

RESUMEN

El propósito de este estudio fue determinar las condiciones de polinización en una plantación de híbridos de 5 años de edad en la región de Granada y de evaluar sus efectos sobre el rendimiento del cultivo. El índice de rareza del polen (A) encontrado en condiciones de polinización natural fue de 1,07, lo que indica unas condiciones de polinización deficientes que repercuten en un escaso llenado de las mazorcas. El 10,5% de las flores abortaron por un bajo aporte de polen (subpolinización) y el 21,4% tenía menos de 36 óvulos por ovario con lo cual se produjo una fertilización inadecuada. La fertilidad calculada en condiciones de polinización natural fue baja (0,68) y alta en condiciones de polinización manual (0,97). El recuento del número de granos por ma-

zorca en condiciones de polinización natural indica que hubo subpolinización y un bajo contenido de almendras por mazorca y que el 10,5 % de las mazorcas abortó al no superar el punto de marchitamiento diferencial $X_w = 15$ granos de polen. A partir de 31 granos de polen ($X_m = 31$) se aseguró un buen llenado de la mazorca. En la parcela de polinización manual el número de granos por mazorca fue elevado debido a la alta calidad de la polinización y a la saturación de los estilos con granos de polen, lo cual hizo aumentar los rendimientos en un 20%.

INTRODUCCION

La producción nacional promedia de cacao es baja (450 kg), siendo afectada no solo por el manejo agronómico inapropiado, sino por factores fisiológicos (marchita-

miento de pepinos) y de la polinización, tales como: el número (N) de óvulos contenidos dentro del ovario de las flores; la tasa (P) de transformación de estos óvulos fecundados en granos y el número mínimo de granos (Xw), por debajo del cual la probabilidad de marchitamiento del fruto es alta, es decir, el punto de marchitamiento diferencial.

El efecto de la polinización controlada sobre la formación de frutos del clon Pound-12 (autoincompatible), aumentó la producción de frutos casi tres veces (50,3) en comparación con las plantas testigo (17,8); además, se incrementaron el tamaño, el peso de las mazorcas y el número de semillas, debido a una mayor cantidad de granos de polen depositados en el estilo (Hurtado, 1967).

Estudios realizados en Costa de Marfil sobre dos árboles pertenecientes al clon T85/799, bajo condiciones diferentes, mostraron que para los dos árboles, la frecuencia de granos de polen sobre los estilos, era análoga: las distribuciones fueron en (i) y la frecuencia de flores sin polen fue elevada ($f_0 = 0,6682$ para Bingerville y $f_0 = 0,7648$ para Divo), es decir, que un gran número de estilos contiene un número reducido de granos de polen (entre 1 y 10) (Parvais, Reffye y Lucas, 1977). Las frecuencias de los estilos con más de 35 granos de polen fueron de 2,76% para Bingerville y de 2,03% para Divo, estimándose que una pequeña proporción de estilos llegan a tener suficiente polen para que pueda ocurrir el proceso de fecundación y la formación de los frutos.

Los parámetros del rendimiento analizados en el transcurso de la fructificación de diferentes clones, mostraron que para el Trinitario UF-667, con árboles de 14 años de edad, en Bingerville, se recolectaron 1.548 mazorcas; además, se determinó que

el número promedio de óvulos por ovario fue de $\bar{N} = 42$, con una desviación típica, $S = 2,59$. La curva de frecuencias del número de granos por mazorca representó condiciones de polinización intermedias, con un pico de marchitamiento diferencial, $X_w = 14$ granos, y un mínimo, $X_m = 29$ granos; la fertilidad calculada fue $P = 0,93$ y el índice de rareza del polen $A = 0,55$ (Reffye, Parvais, Mossu y Lucas, 1978).

La polinización artificial sobre el Amazónico Nanay-32 (1.043 flores mensuales) condujo a la reducción total del marchitamiento diferencial, ocurriendo solamente el marchitamiento fisiológico, el cual afectó el 30% de las flores fecundadas. Con el propósito de precisar la fertilidad ovular se realizó un estudio en Camerún sobre cinco clones de origen Alto Amazónico, cuatro clones de origen Amazónico y dos clones Trinitario-Oeste-Africanos, confirmando que el parámetro de número de óvulos por ovario es un dato constante que se presenta de un año a otro y de una parcela a otra, con una desviación típica entre 2,3 y 3,5. Al efectuar polinizaciones manuales, el coeficiente de rareza del polen (A) fue más elevado (A menor o igual a 0,35). La curva de granos por mazorca presentó una tendencia unimodal con asimetría negativa en donde (A) varió, no solamente, según la habilidad del polinizador, sino también en función de la técnica de polinización. En condiciones de polinización saturante, sólo el marchitamiento fisiológico fue observado, y se revela como un fenómeno perfectamente aleatorio, que afecta una cierta proporción de pepinos en todos los estados de desarrollo, cualquiera sea el número de granos que contenga (Mossu, 1980). Las fertilidades calculadas en este experimento fueron muy altas (0,87 a 0,94).

Con el fin de observar el comportamiento de la polinización artificial en 4 ár-

boles Alto-Amazónicos (IFC-5), estos se sometieron a polinizaciones continuas en una parcela de la estación experimental de Bingenerville. Se encontró que para los clones estudiados, la tasa de cuajamiento obtenida era elevada: 89,5% para el amelonado y 90,2% para el Alto-Amazónico. Se resalta el hecho de que la alta carga de frutos no parece afectar la capacidad de cuajamiento de los árboles. Estos resultados muestran que el cacao es apto para fructificar todo el año, lo que permite suponer que la edad fisiológica del árbol no tiene ninguna influencia sobre el cuajamiento (Paulín, 1981).

Al analizar la curva del número de granos por mazorca originados a partir de polinizaciones naturales y manuales para el clon UPA-620, se observó que la polinización natural fue buena, con una curva unimodal con asimetría negativa. La gran mayoría de las flores habían sido suficientemente polinizadas y el índice de rareza era bajo ($A = 0,35$). Cuando se realizó la polinización artificial, prácticamente todos los estilos se saturaron con polen y el índice de rareza tendió a cero ($A = 0,08$). Todas las mazorcas fueron convenientemente llenadas con granos y no se presentaron pérdidas por marchitamiento diferencial. El pico de saturación se desplazó significativamente de 47 a 51 granos y la fertilidad fue mejorada ($P = 0,95$).

Investigaciones realizadas utilizando árboles clonales de aproximadamente 15 años de edad, a los que se les hicieron polinizaciones manuales sobre el tronco y las ramas primarias, eliminando al inicio del ensayo todas las mazorcas cuajadas en forma natural, determinaron un mayor cuajamiento en las polinizaciones cruzadas (40%), contra solamente 7,2% para las autopolinizaciones, con un promedio de eficiencia de un 13,1%. Por lo tanto, se obtu-

vieron 13 frutos cosechados de cada 100 flores polinizadas (Martin, 1981).

Observaciones hechas durante dos años mostraron que el número de flores cuajadas representan solamente el 2,4% (5.304) del total de flores producidas (222.986) y la tasa de pérdida de frutos fue muy elevada, 65%, o sea, 3.443 (Paulín, Decazy y Coulibaly, 1983).

Para cuantificar el número de óvulos en flores de cacao, Pound (1931), citado por López y Enríquez (1965), desarrolló una técnica consistente en tomar una muestra de 5 flores recién abiertas por árbol, y disectar con una aguja fina los ovarios bajo el microscopio, contabilizando los óvulos, individualmente, dentro de cada lóculo.

Estudios hechos con el objeto de desarrollar una técnica adecuada para la cuantificación del número de óvulos por ovario en Costa Rica, determinaron que el número de óvulos en 20 flores del clon UF-613 dió un valor promedio de 45,9 y su desviación estándar fue de 2,29, que al ser sustituidos en la fórmula de Pound (1931) dió como resultado una muestra mínima necesaria de 3,98, es decir, que se requieren 4 flores para estudiar el número de óvulos por ovario de un clon (López y Enríquez, 1985).

Con el propósito de observar la incidencia de la polinización natural y sus implicaciones sobre la producción se llevaron a cabo estudios sobre algunos componentes del rendimiento. Los datos obtenidos muestran que las leyes de repartición del polén sobre los estilos se ajustan bien a las leyes de Pareto con coeficientes de correlación variando entre 8,85 y 0,99. Al calcular los índices de rareza (A_s) por mes de recolección, dichos valores se relacionaron con los índices de rareza del polén (A_s) obtenidos 5 meses antes. El porcentaje de flores sin polinizar fue el mismo para los árboles

buenos y malos productores. Los árboles altamente productores reciben los racimos de polen más grandes, lo que explica su mejor comportamiento en la polinización (Cilas, 1987).

El estudio de los componentes del rendimiento del cacao se hizo con el fin de determinar las condiciones de polinización en cultivos comerciales de híbridos del *pie-demonte llanero* colombiano y de dar algunas recomendaciones para mejorar el manejo y la producción de las plantaciones, mediante la intervención sobre algunos componentes del rendimiento.

MATERIALES Y METODOS

Situación del ensayo

El trabajo de campo se realizó, en la finca "La Cabaña", localizada en el *pie-demonte llanero* en el municipio de Granada, Departamento del Meta, a 450 msnm. Dicha zona se clasifica como un bosque húmedo tropical (Holdrige), o como un clima superhúmedo de selva tropical con lluvias durante todo el año (Köeppen).

La unidad o parcela experimental constó de 27 árboles, de 5 años de edad, los cuales fueron sometidos a una remoción inicial de todos aquellos órganos enfermos o afectados por algún trastorno fisiológico.

Polinización

Con el propósito de mantener una población adecuada de frutos y de conocer su edad durante el estudio, se polinizaron manualmente alrededor de 100 flores por mes, seleccionadas en 9 de los árboles de la parcela experimental.

Determinación del número de granos de polen por estilo

Debido a que no existe un método directo preciso que permita contar los granos

de polen depositados sobre los estilos, mensualmente se tomaban sobre 18 árboles, 25 a 30 flores/árbol, abiertas en horas de la mañana y recolectadas en la tarde, las cuales eran transportadas al laboratorio en pequeños tubos individuales a fin de evitar contaminaciones. Posteriormente, el estilo de cada flor era seccionado en su base y aplastado entre lámina y laminilla en una solución acuosa al 1% de verde de Malaquita, la cual coloreaba la exina de los granos de polen y permitía hacer el recuento de ellos mediante su observación al microscopio.

Recuento del número de óvulos por ovario

El método utilizado para establecer de una manera rápida el número de óvulos contenidos dentro de los ovarios de las flores frescas consistió en tomar en los 18 árboles, 50 flores/árbol para extraerles el ovario y colocarlo entre dos láminas de vidrio en una solución acuosa al 1% de Trypanbleu. Se efectuó un aplastamiento del ovario bajo una lupa binocular a fin de observar la expulsión de los óvulos y hacer el recuento de los mismos.

Recuento del número de granos por mazorca

Las mazorcas que llegaban a la madurez se recolectaban con el propósito de contar el número de granos que el las contenían.

RESULTADOS

Índice de rareza de polen (A)

La curva de repartición de polen depositado sobre los estilos (Fig.1) presentó una distribución en forma de *i*. Dicha curva se ajusta perfectamente a la determinada por la ley de Pareto, cuya convergencia está caracterizada por el coeficiente (A) llamado índice de rareza del polen, el cual mide

las condiciones de polinización. Se estimó para este caso un índice de rareza $A = 1,07$, que tiende a ser alto, al constatarse que un elevado número de estilos (98,1%) tenía menos de 35 granos de polen; lo que se reflejó, posteriormente, en un inadecuado llenado de las mazorcas.

El valor (X_0) estuvo ligado a la cantidad de polen eficaz depositado sobre los estilos. En el ajuste de la curva de depósito de granos de polen sobre los estilos a la ley de Pareto, (X_0) representó el índice inicial, determinándose dicho valor en 0,13 para un total de 3.738 flores observadas.

La cantidad de flores cuyo estilo no recibió granos de polen fue elevada ($f_0 = 0,74$), mientras que, la frecuencia de los estilos con más de 35 granos de polen (este número se considera como el mínimo de granos de polen necesarios para la obtención de una mazorca) fue de sólo 1,9%.

Número de óvulos por ovario (N)

Los resultados del número de óvulos registrados en los 900 ovarios estudiados, los

cuales se fueron acumulando en grupos de 20, mostraron una media de 45,23 óvulos por ovario con una desviación estándar de 9,31 y una varianza de 86,97. El coeficiente de variación obtenido fue de 20,58 y el error experimental de 0,31. Al reemplazar el coeficiente de variación y la medida de óvulos/ovario en la fórmula de Pound se determinó el tamaño mínimo de la muestra que fue de 67,76 flores.

El polígono de frecuencia del número de óvulos/ovario presenta una distribución cuasi-normal (Fig. 2), ligeramente asimétrica (asimetría negativa), cuyo máximo se sitúa entre 44 y 45 óvulos por ovario (10%). En la parte derecha de la figura se encuentra el mayor porcentaje de flores conteniendo un alto número de óvulos (58,8%), los cuales bajo condiciones adecuadas de polinización resultarían en un buen llenado de las mazorcas en los meses posteriores. En la parte izquierda de la figura se muestra que una cierta proporción de flores, 21,4% contienen una baja cantidad de óvulos (menos de 36) con lo que se esperaría una inadecuada fertilización y, por lo tanto, una reducción de la cosecha.

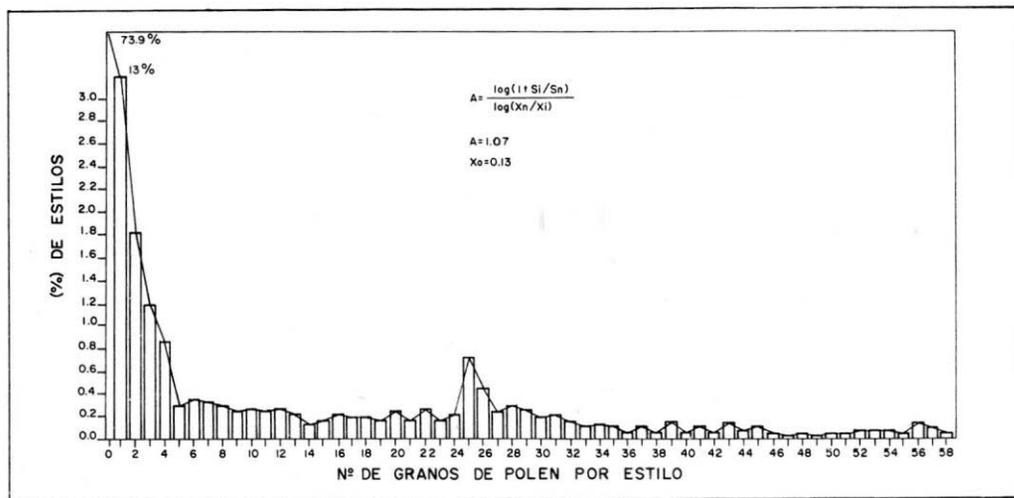


Fig. 1. Curva e histograma de frecuencia del número de granos de polen depositados sobre los estilos.

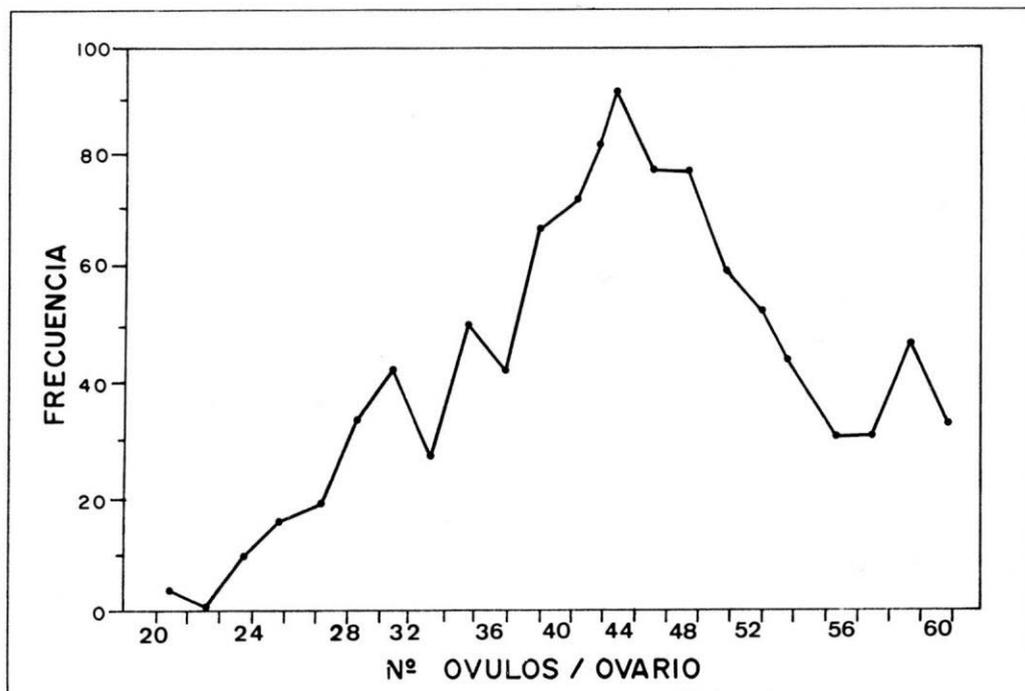


Fig. 2. Polígono de frecuencia del número de óvulos/ovario.

Fertilidad ovular (P)

La fertilidad ovular se define como la tasa de transformación de los óvulos fecundados en granos, siendo el resultado del producto del valor del polen por el valor del óvulo. El cálculo de la fertilidad ovular se hizo relacionando la medida del número de granos/mazorca (m) y la medida del número de óvulos/ovario (N). Las fertilidades calculadas en este experimento fueron de 0,68 y 0,70 en condiciones naturales, y de 0,92 en condiciones de polinización artificial. Dentro del material de la parcela experimental ciertos híbridos revelaron ser muy fértiles y poco diferentes entre ellos, para esta característica.

Curva de frecuencias del número de granos por mazorca en condiciones de polinización artificial.

Sobre un total de 459 mazorcas recolectadas en la parcela experimental (Fig. 3) constituida por 18 árboles híbridos, se observó una curva de tipo bimodal, con unas condiciones de polinización intermedias, en donde se presentaron dos máximos de saturación, de 25 y 26 granos, lo que demuestra que una cierta proporción de flores fueron polinizadas convenientemente, pero no lo suficiente en relación con el número de óvulos presentes.

Se encontró también una gran cantidad de flores, cuya polinización rindió menos de 20 granos por ovario, las cuales fueron abortadas al alcanzar el punto de marchitamiento diferencial (X_w) que, para este caso, se determinó gráficamente en $X_w = 15$ granos, con un 10,5% de mazorcas conteniendo igual o menor número de granos.

En la parte derecha de la curva se observa que la polinización natural fue alta (más de 31 granos), en consecuencia, una gran cantidad de flores fueron polinizadas adecuadamente y la cantidad de mazorcas cosechadas fue bastante alta (48%).

El número promedio de óvulos fue de 45,2 con una desviación típica de 9,3 para un total de 900 ovarios evaluados. Además, se determinó que el valor inicial (X_m , conocido como mínimo) fue de 31 granos, es decir, que a partir de este punto se puede asegurar un buen llenado de las mazorcas, lo que se confirma con el desplazamiento de la curva hasta alcanzar su pico de saturación (Moy), que para las condiciones del experimento fue de 33 granos. El valor del pico de saturación calculado por la ecuación $m = N.P.$, en donde m es el número

medio de granos por mazorca, N el número medio de óvulos por ovario y P la fertilidad, fue también de 31 granos. Esta curva muestra igualmente dos picos importantes en el llenado de las mazorcas con 50 y 55 granos, respectivamente, confirmando la ocurrencia de una excelente polinización.

La fertilidad calculada ($P = 0,68$) se puede considerar baja, teniendo en cuenta que ella es el resultado de la relación existente entre el número medio de granos contenidos en las mazorcas y el número medio de óvulos por ovario, que son características heterogéneas para la población de híbridos estudiada. Si para este último cálculo se considera el número medio de granos por mazorca por encima de veinte, se observa que el valor de la fertilidad se incrementa altamente ($P = 0,81$), siendo

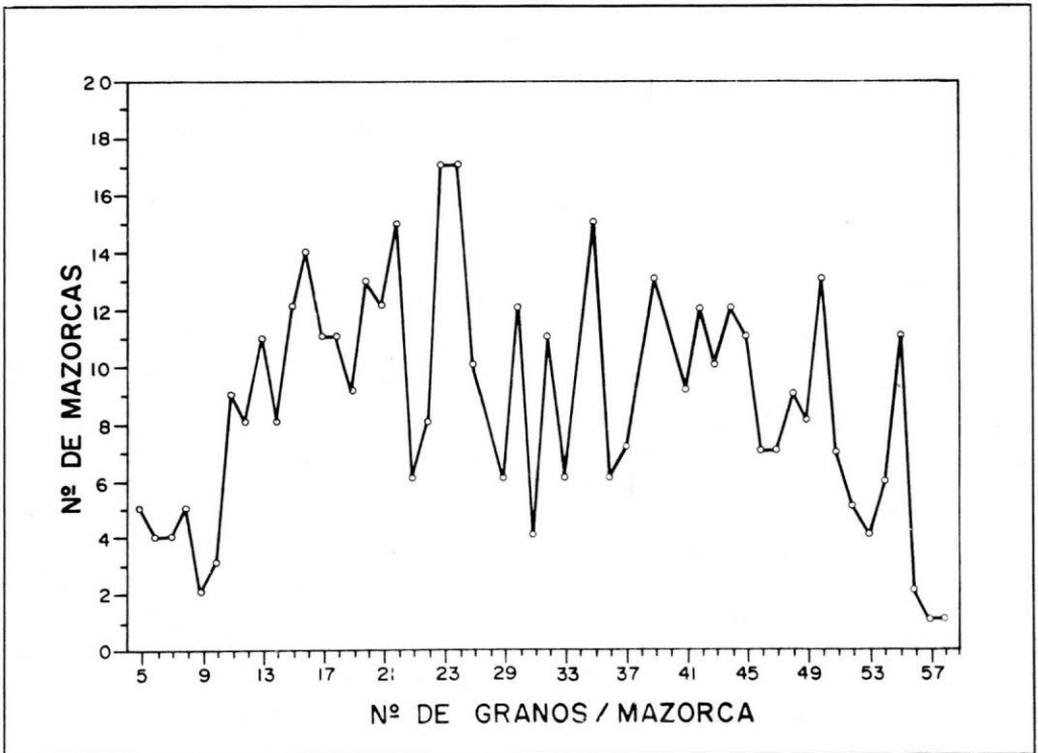


Fig. 3. Curva de frecuencia del número de granos por mazorca en una parcela de 18 árboles con polinización natural.

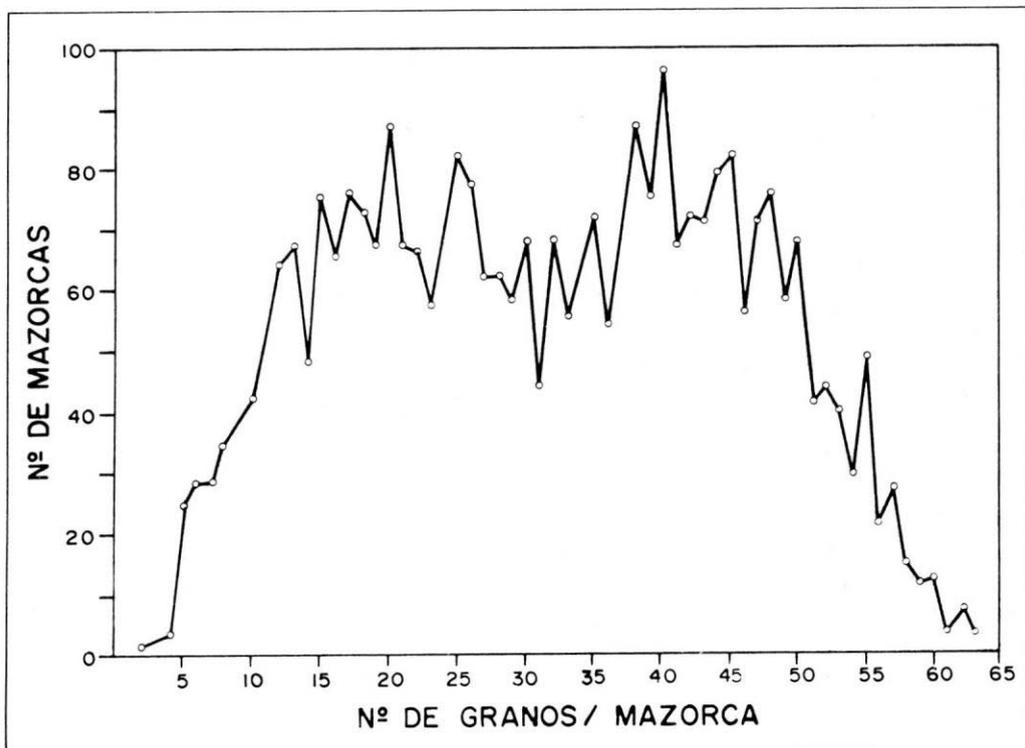


Fig. 4. Curva de frecuencia del número de granos por mazorca en una muestra de 120 árboles bajo condiciones de polinización natural.

un valor más representativo de este parámetro, lo que se confirma con unas buenas condiciones de polinización.

El índice de rareza calculado 5 a 6 meses después ($A = 0,83$) demuestra que las condiciones de polinización fueron intermedias, con un valor que tiende a ser alto, significando que una alta proporción de flores no recibió suficientes agregados de polen y, por lo tanto, el llenado de las mazorcas no fue el más eficiente.

Con el propósito de confirmar la evaluación de estos componentes del rendimiento en cacao, se tomó un muestra más grande, que estuvo constituida por 120 árboles, a los cuales les fueron cosechadas 3.226 mazorcas (Fig.4). Se obtuvo una curva bimodal que nuevamente refleja unas con-

diciones de polinización intermedias, en donde el pico de saturación (Moy) observado se encontró en 40 granos, que comparado con el valor calculado (31 granos) está muy por encima, estimándose de este modo, que una buena cantidad de flores fueron fecundadas apropiadamente, debido al depósito de una abundante cantidad de polen de acuerdo con el número de óvulos, como se ve a la derecha de la curva, con un 34% de mazorcas recolectadas.

De nuevo, una alta proporción de flores fecundadas produjeron menos de 20 granos, las cuales fueron abortadas en la medida en que alcanzaron el punto de marchitamiento diferencial (X_w), el cual fue calculado en 19 granos, y representó un 15,6% de las mazorcas recolectadas. El valor mínimo (X_m), fue de 31 granos, mientras que

la fertilidad calculada siguió siendo baja ($P = 0,70$), confirmando el análisis anterior.

El valor de P logró incrementarse ($P = 0,82$), al considerar solamente el número medio de granos obtenidos por encima de 20 en relación con el promedio de óvulos por ovario, el cual puede considerarse satisfactorio.

El índice de rareza calculado ($A = 0,73$) demuestra las condiciones intermedias de polinización, lo que permite concluir que un manejo agronómico más adecuado de los componentes del rendimiento podría, eventualmente, incrementar los rendimientos de esta plantación híbrida.

Curva de frecuencias del número de granos por mazorca en condiciones de polinización artificial.

Para un número de mazorcas cosechadas de 571 en una parcela conformada por 9 árboles, se determinó una curva unimodal con asimetría negativa (Fig. 5), la cual muestra claramente los efectos de la calidad de la polinización, en el llenado de los granos en las mazorcas (mayor de 24 granos) y sobre el rendimiento. Se estableció un mínimo (X_m) de 38 granos, con un pico de saturación que se encuentra por debajo del valor calculado ($Moy = 42$), el cual se desplaza de una manera significativa de 47 a 50 granos, incrementando la fertilidad polínica ($P = 0,92$), debido a un control más eficaz del polen.

En estas condiciones de polinización, el marchitamiento diferencial (X_w) fue inoperante. El número promedio de óvulos/ovario se conserva ($N = 45,2$) con una desviación típica, $S = 9,3$. Se observó una saturación de polen en prácticamente todos los estilos de las flores estudiadas, con un índice de rareza cercano a cero ($A = 0,11$), que se reflejó en un rendimiento elevado.

DISCUSION

El índice de rareza del polen calculado para las condiciones de cultivo y de la prueba fue alto (1,07), indicando unas condiciones de polinización natural deficientes que se traducen en un escaso llenado de las mazorcas con almendras y en una baja producción. Para evaluar el número de óvulos por ovario del cultivo bajo estudio se necesitaron 68 flores (7,53%), lo que no coincide con otras investigaciones (López y Enríquez, 1984), debido a la heterogeneidad del material estudiado que origina una alta variación en la cantidad de óvulos/ovario en cada flor. Esta condición amerita, por lo tanto, que el tamaño de la muestra deba ser aumentado para una evaluación correcta de la variable.

El 10,5% de las flores abortan por deficiencia de polen y el 21,4% presentan menos de 36 óvulos por ovario, con lo cual se produjo una inadecuada fertilización. Por consiguiente, el número de óvulos/ovario es un factor que incide en el rendimiento (considerado como un carácter clonal) y que puede ser manejado con el propósito de mejorar la producción.

Las fertilidades calculadas para el experimento fueron bajas (0,08 y 0,70), en contraposición a otras investigaciones realizadas con clones (Mossu, 1980; Mossu, Paulín y Reffye, 1981; Paulín, 1981; Reffye, Parvais, Mossu y Lucas, 1978), debido a que el trabajo se realizó en una plantación comercial de híbridos y, por consiguiente, a la variación del número de óvulos/ovario y el número de granos por mazorca, de una población altamente heterogénea. En la parcela de híbridos polinizados artificialmente la fertilidad fue alta (0,92) lo cual indica que con esa labor controlada se asegura una buena cantidad de agregados de polen para fecundar una alta cantidad de óvulos, lo cual se traduce en un buen llenado de las mazorcas. Teniendo en cuenta la alta ferti-

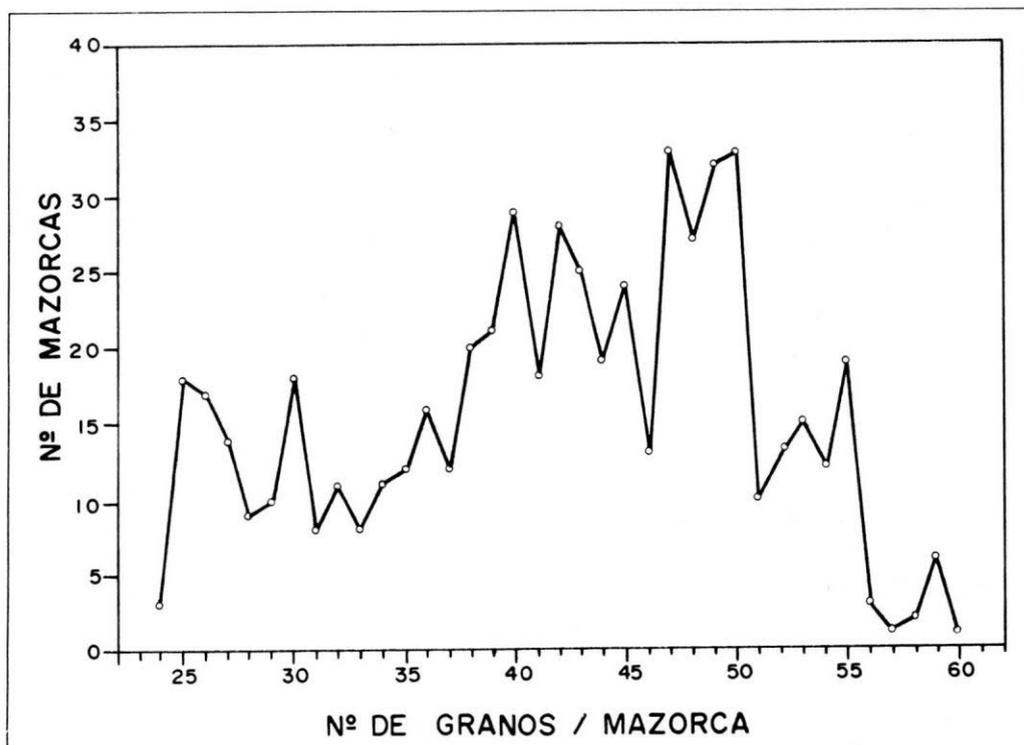


Fig. 5. Curva de frecuencia del número de granos por mazorca en una parcela de 9 árboles con polinización artificial.

lidad de muchos híbridos de la plantación se podría, eventualmente, seleccionar árboles con un alto número de óvulos por ovario, lo que asociado a un mejor conocimiento de la dinámica de insectos polinizadores, repercutiría en la elevación de los rendimientos.

El análisis del número de granos por mazorca en condiciones de polinización natural muestra que se presentó subpolinización con un bajo llenado de las mazorcas y que el 10,5% de las mazorcas abortaron al alcanzar el punto de marchitamiento diferencial (X_w) que para este caso fue de 15 granos. Sólo a partir de 31 granos de polen (X_m) se puede asegurar un buen llenado de la mazorca. El número de granos por mazorca en condiciones de polinización artificial fue alto, indicando a su vez la alta calidad de la polinización (más de

24 granos de polen). En estas condiciones no hubo pérdida de frutos por marchitamiento diferencial y sólo opera el marchitamiento fisiológico.

Este estudio ha permitido determinar tres factores importantes de selección en el cacao: 1) el número de óvulos por ovario, 2) la fertilidad y 3) el punto de marchitamiento diferencial. Una vez definidas estas características, el rendimiento también depende de la calidad de la polinización, es decir, de la eficacia del propio polen, del número total de flores polinizadas y del índice de rareza del polen.

Otros aspectos relevantes muestran que la polinización artificial constituyó una práctica eficiente para aumentar la producción (20% mayor en relación con la polinización natural), y supera en una alta pro-

porción los limitantes fisiológicos (marchitamiento de pepinos) y fitosanitarios que impiden que el potencial de rendimiento de estos materiales híbridos se exprese en términos de valor económico para el agricultor.

BIBLIOGRAFIA

Cilas, C. 1987. Etude de la pollinisation naturelle du cacaoier au Togo, et ses implications sur la production. *Actes 10^e Conférence Internationale sur la recherche cacaoyere*, Santo Domingo, República Dominicana, pp. 283-288.

Hurtado, C. 1967. Efectos de la polinización controlada sobre la producción del cacao. *Memorias, segunda Conferencia Internacional de Investigaciones en Cacao*. Bahía, Brasil. pp. 109 - 115.

López, O. y Enríquez, G. 1985. Metodología para el recuento del número de óvulos por ovario en cacao (*Theobroma cacao* L.). *El cacaotero Colombiano*, No. 31, 30 - 35.

Martín, E. 1981. Efectos de la polinización controlada en cacao. *Actas de la 8a Conferencia Internacional de Investigación en cacao*, Cartagena, Colombia, pp. 57 - 60.

Mossu, G. 1980. Comportement de quelques clones en pollinisation manuelle. Fertilité ovulaire et chute précoce des fleurs pollinisées. *Café, Cacao, Thé, Paris (Francia)*, 24 (2), 113 - 120.

Mossu, G.; Paulín, D. et Reffye, Ph. de. 1981. Influence de la floraison et de la pollinisation sur les rendements du cacaoier. Liaisons mathématiques entre les données expérimentales. Equation du rendement. *Café, Cacao, Thé. (Francia)*, 25 (3), 155 - 168.

Parvais, J.; Reffye, Ph. et Lucas, P. 1977. Observations sur la pollinisation libre chez *Theobroma cacao* L. : Analyse mathématique des données et modélisation. *Café, Cacao, Thé. (Francia)* 21 (4), 253 - 262.

Paulín, D. 1981. Contribution à l'étude de la biologie florale du cacaoier: bilan de pollinisations artificielles. *Café, Cacao, Thé. (Francia)*, 25 (2). 105 - 112.

Paulín, D.; Decazy, B. et Coulibaly, N. 1983. Etude des variations saisonnières des conditions de pollinisation et de fructification dans une cacaoyère. *Café, Cacao, Thé (Francia)*, 27 (3), 165 - 176.

Reffye, Ph de.; Parvais, J.; Mossu, G. et Lucas, P. 1978. Influence des aléas de la pollinisation sur les rendements du cacaoier. Modèle mathématique et simulation. *Café, Cacao, Thé. (Francia)*, 22 (4), 251 - 274.