

**Pruebas con la feromona de agregación (rhynchophorol: RHYNKO-Lure®)
producida por el macho de *Rhynchophorus palmarum*
en la Costa Grande de Guerrero, México**

Camino L¹., Hernández R., Gutiérrez O., Castrejón G., Arzuffi B., Jiménez P., Castrejón A

Introducción

Mac Gregor y Gutiérrez (1983), citan al insecto *Rhynchophorus palmarum* L. atacando al cocotero (*Cocus nucifera*), la palma aceitera (*Elaeis guineensis*), la palma datilera (*Phoenix dactylifera*), la papaya (*Carica papaya*) y el banano (*Musa paradisiaca*). Este insecto (Coleoptera, Curculionidae), se conoce en México con el nombre común de "mayate prieto del cocotero", en Centro América como "picudo del cocotero", y en inglés como "American palm weevil". En México, los primeros informes de su presencia fueron hechos en los Estados de Guerrero y Tabasco, detectándose en papaya y palmas de coco (Domínguez y Carrillo 1976).

González y Camino (1974) determinaron que las hembras ovipositan hasta 63 huevos cada día, y hasta 924 en todo su ciclo. Existen 9 estadios larvales, y es en ese estado durante el cual hacen daño, barrenando el cogollo y tallos. Pupan en la periferia del tallo (10 a 14 días) y posteriormente los adultos emergen, pasando después por una etapa pre-copulatoria de 4 a 6 días, y luego tienen el potencial de copular durante toda su vida, que puede alcanzar hasta dos meses.

Camino et al. (1998) encontraron que el picudo tiene un ritmo circadiano de alimentación y cópula, que los adultos pueden sobrevivir bajo el agua durante largo tiempo, y que se les ha encontrado en raíces de papaya a un metro bajo el suelo, conviviendo con sus larvas.

González y Camino (1974) determinaron que el coco enano era altamente susceptible a la enfermedad del "anillo rojo", causada por el nematodo *Bursaphelenchus cocophilus*, el cual es transmitido por el picudo. En una plantación joven de coco en La Chontalpa, 85 % de las plantas murieron por esta causa. Noriega et al. (1991) encontraron una incidencia anual de anillo rojo del 3% en la región de Costa Chica y de 5% en la región de Costa Grande, estado de Guerrero. También se determinó que la incidencia era mayor en cocoteros cercanos a plantaciones de banano y papaya.

Camino (1975) describió, en Tabasco, una trampa denominada CSAT (Fig. 1) para capturar el mayate prieto, usando piña o banano como cebo. La trampa consiste de una cubeta con una palangana dentro, donde se coloca el cebo (2 kg), y se cuelga a 1.20 m del suelo. Posteriormente, Camino y Jiménez (1994) usaron la trampa CeProBi, que es una modificación de la CSAT, en Morelos. Santos et al. (1996), en Coyuca de Benítez y Atoyac, Guerrero encontraron como mejor

¹ Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional. Apdo. postal 24, Yautepec, Morelos, México

método para la captura del insecto, el uso de la feromona Rhyngo-Lure® producida por ASD en Costa Rica, con un cebo alimentario de banano con Lannate al 0.2%. La trampa utilizada fue igual a la CeProBi y fue denominada trampa Guerrero. Santos et al. (1996) encontraron una incidencia de la enfermedad del anillo rojo entre 10 y 45%, y determinaron que con un trapeo intensivo pudieron reducir significativamente la incidencia en 2 a 3 meses.

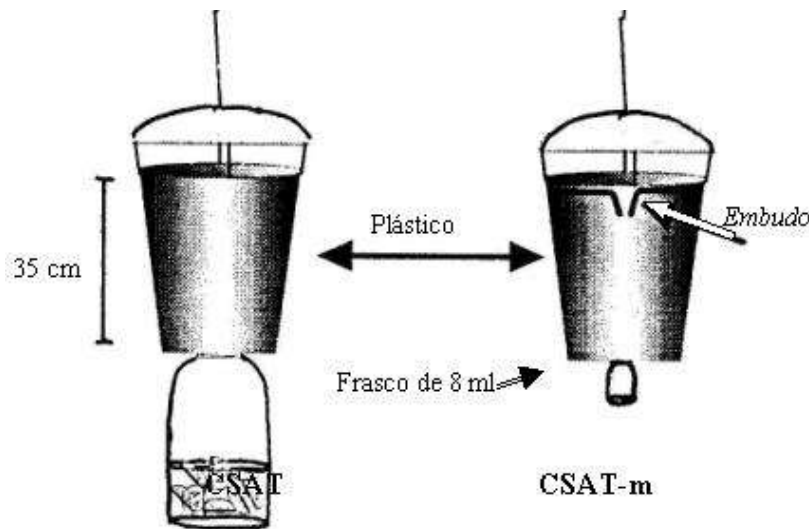


Fig. 1. Trampa CSAT y modificación

El concepto del Manejo Integrado de Plagas (MIP), implica reducir el daño económico causado por una plaga y, al mismo tiempo, la disminución del riesgo de causar efectos indeseables en el ambiente. El uso de trampas utilizando cebos alimentarios y feromonas calza muy bien dentro de este esquema.

Hay muchos ejemplos en la literatura donde diferentes diseños de trampas, tipos de cebos y feromonas han sido utilizados para manejar plagas dentro de una estrategia de MIP. Los siguientes son algunos casos específicos relacionados con *Rhynchophorus palmarum*.

Hagley (1965) en Trinidad y Tobago, encontró que el mayate prieto era atraído por frutos en descomposición. Maharaj (1973) describió una trampa para capturar el insecto usando troncos de cocotero impregnados con el insecticida Lannate. Camino-Lavín (1975) diseñó una trampa, que consiste de una cubeta, una palangana, y un frasco de vidrio (Fig. 1). La trampa CSAT, de color amarillo, colocada a 1.20 m del suelo, y cebada con banano o piña, fue mejor que la trampa de Maharaj.

Rochat et al. (1991) identificaron la feromona de agregación del macho de *R. palmarum*: 2-metil-5(E)-hepten-4 ol (rhynchophorol). Esta feromona fue la base para desarrollar un sistema de manejo integrado de la enfermedad del anillo rojo en palma aceitera (Chinchilla y Oehlschlager 1992, Chinchilla et al. 1993, Oehlschlager et al. 1993).

Camino et al. (1992) probaron varios compuestos presentes en frutos maduros de piña (Ping Wu et al. 1991), y encontraron que el acetato de etilo era el más atractivo.

Según Chinchilla (1998) la eficiencia de un programa de trapeo del mayate prieto y control de la enfermedad del anillo rojo, dependerá de la ubicación de las trampas, la densidad de trapeo, el mantenimiento de las trampas, el entrenamiento del personal encargado, y de la promulgación de leyes que obliguen a los productores a mantener un grado aceptable de sanidad en sus cultivos.

En esta nota se informa sobre la efectividad de un método de captura de *R. palmarum* empleando la feromona rhynchophorol (Rhyncho-Lure,[®] ASD Costa Rica), dentro de un concepto de manejo integrado de plagas, en la Costa Grande del estado de Guerrero en México.

Materiales y métodos

El área en donde se realizaron los estudios comprende La Costa Grande, desde Acapulco hasta Zihuatanejo, parte litoral del Estado de Guerrero, la cual posee un clima cálido subhúmedo, con temperaturas medias anuales de 22° a 26°C y una precipitación total anual entre 1000 y 2000 mm.

La región es la principal productora de copra de la costa grande de Guerrero, y este cultivo se encuentra asociado principalmente a banano y papaya. Actualmente la SAGAR tiene un programa de introducción de palma aceitera, *Elaeis guineensis* en parte del trópico mexicano, incluyendo Guerrero.

En todas las pruebas de este trabajo, se empleó la formulación comercial de la feromona de agregación del macho de *R. palmarum* (Rhynko-Lure)[®], distribuida por ASD Costa Rica. Además se usaron insectos machos vivos como testigos, y varios atrayentes sintéticos.

Durante una primera etapa (del 18 de octubre de 1997 al 28 de enero de 1998), se probaron las siguientes combinaciones de tratamientos:

Petatlán (San Jeronimito) y Coyuca de Benitez (La Charamusca):

- a. 2 kg de banano + 1 feromona Rhynko-Lure[®]
- b. 2 kg de banano + 4-5 insectos vivos
- c. 15 ml de acetato de etilo+etanol+acetato de isoamilo (proporción 1:1:1) + 4-5 insectos vivos
- d. 15 ml de acetato de etilo+etanol+acetato de isoamilo (proporción 1:1:1) + 1 feromona Rhynko-Lure[®]

Atoyac (Corral Falso) y Tecpan (Rodecia)

- a. 2 kg de banano + 1 feromona Rhynko-Lure[®]
- b. 2 kg de banano + 4-5 insectos vivos

Los cebos de banano y las sustancias químicas volátiles fueron cambiados cada 15 días, los insectos vivos se cambiaron solo cuando murieron, y la feromona Rhynko-Lure[®] no fue cambiada durante todo el experimento. Los datos se colectaron cada 15 días.

Las trampas se colgaron de un tronco de palma de coco o de algún frutal (generalmente mango) a 1.20 m sobre el nivel del suelo. La distribución fue de una trampa cada cinco palmas, y el diseño fue de bloques completos al azar con cinco repeticiones.

Los insectos colectados fueron contados y ‘sexados’, calculándose luego un índice de capturas mediante la siguiente fórmula:

$IC = \# \text{ de individuos colectados} / \# \text{ de trampas}$.

Otros dos experimentos se hicieron entre el 13 de febrero y el 11 de diciembre de 1998.

Tecpan de Galeana (Rodecia) y Coyuca de Benítez (la Charamusca):

1. 2 kg de banano + 1 feromona Rhynko-Lure® + 0.2 g de Lannate (WP)
2. 2 kg de banano + 1 feromona Rhynko-Lure® + 1 embudo*
3. Sustancias químicas volátiles (70 % de acetato de etilo + 30% de acetato de isoamilo).

Corral Falso (Atoyac):

2 kg de banano + 1 feromona Rhynko-Lure® + 1 embudo

Las parcelas experimentales eran de aproximadamente una hectárea, y el experimento en total constaba de 30 trampas, colocando una trampa cada 3 o 4 palmas.

Los cebos de banano y las sustancias químicas volátiles fueron cambiados cada 15 días. La feromona Rhynko-Lure® se cambió al comprobar que ya no había líquido dentro de la cápsula de plástico. Los insectos colectados eran contados y sexados, calculándose luego el índice de capturas.

Resultados y discusión

Durante la primera serie de experimentos se obtuvieron los índices de capturas mayores con las trampas que llevaban la feromona y el banano como cebo alimentario (Figs. 2-4). Se encontraron diferencias significativas entre los valores de captura de la trampa tipo 1, y las demás trampas (Kruskal-Wallis, $P=0.05$). La disminución en las capturas en Petatlán se asoció la desaparición de nuevos casos de la enfermedad del anillo rojo.

En Tecpan se obtuvieron los índices de captura más altos en comparación con las otras localidades (Kruskal-Wallis, $p < 0.05$).

Durante la segunda ronda de experimentos (13 de febrero al 11 de diciembre de 1988), los índices de captura del insecto fueron mayores durante 20 muestreos consecutivos en Atoyac al usar el tratamiento II (banano + Rhynko-Lure® + embudo). Hubo dos periodos en los cuales se obtuvieron los índices de captura mayores: de febrero a abril, y de septiembre a noviembre (Figs. 5-7).

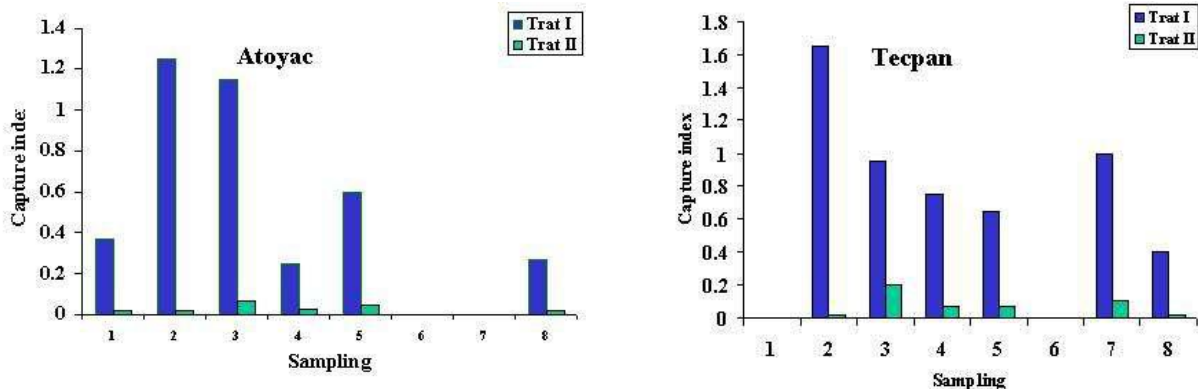


Fig. 2. Índice de capturas (individuos/trampas/días) de *Rhynchophorus palmarum* in Atoyac and Tecpan durante varios muestreos (eje x). I banano y rhynchophorol, II volátiles e insectos machos vivos. Muestreos 1 y 2 en octubre, 3-6 en noviembre y 7-8 en enero de 1998.

En las dos localidades (Tecpan y Coyuca), y durante los 20 muestreos realizados, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento I (banano + Rhyngo-Lure ®+ Lannate) fue el más efectivo (Kruskal-Wallis, $p < 0.001$).

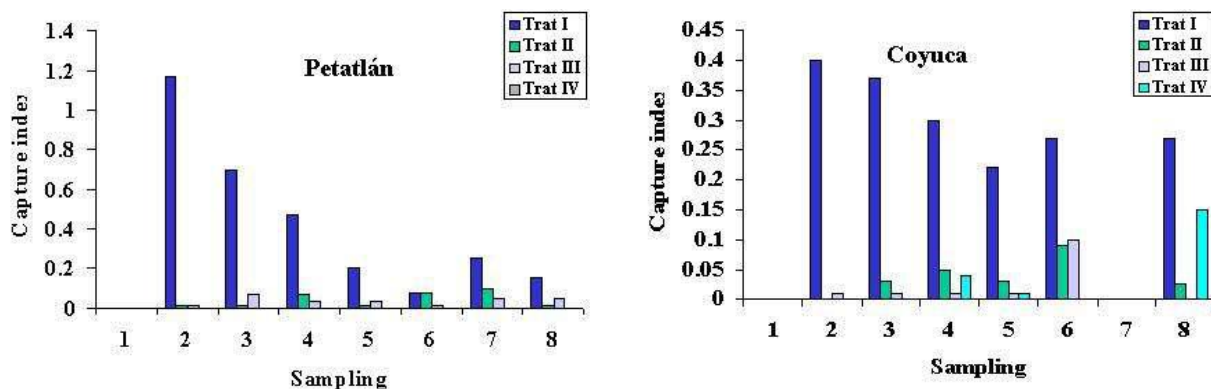


Fig. 3. Índice de capturas (insectos/trampas/días) de *R. palmarum* en Petatlán y Coyuca. I. bananos y rhynchophorol. II. bananos con insectos vivos, III. volátiles con insectos vivos, IV. volátiles con rhynchophorol. Muestreos 1 y 2 en octubre, 3-6 en noviembre y 7-8 en enero de 1998

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los índices de captura registrados en Tecpan y los de Coyuca con el tratamiento I (Kruskal-Wallis, $p < 0.001$), y al igual que en Atoyac, se presentaron variaciones estacionales en los índices de captura.

El índice de capturas en Atoyac, usando banano y Rhyngo-Lure ® durante ocho meses, fue de 0.6 a 0.8, y los mismos índices se obtuvieron en Tecpan y Coyuca, en donde se agregó insecticida a las trampas. En otras pruebas, si se observó un beneficio adicional con el uso del insecticida, pero dados los riesgos con el uso del lannate se piensa que este producto debería ser sustituido por otro insecticida menos tóxico.

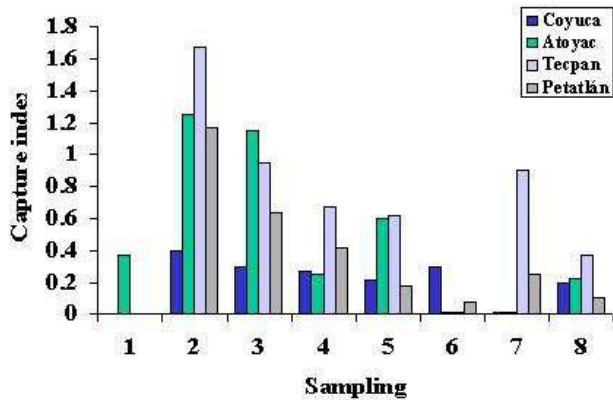


Fig. 4. Índice de capturas de *R. palmarum* en cuatro lugares y ocho muestreos hechos en octubre, noviembre 1997 y enero de 1998

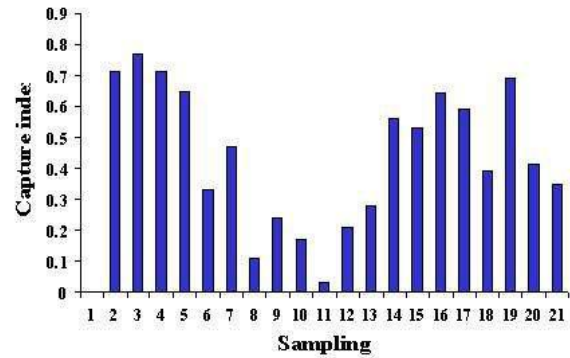


Fig. 5. Índice de capturas de *Rhynchophorus palmarum* (Atoyac) en trampas con rhynchophorol y bananos con el insecticida Lannate. Las trampas tenían un embudo para evitar el escape de los insectos. Muestreos hechos cada dos semanas que se iniciaron en febrero de 1998.

Las trampas que llevaban un embudo no capturaron más insectos, y también se lograron pocas capturas cuando se usó únicamente la feromona con sustancias químicas volátiles. El cebo alimentario parece ser esencial para lograr altas capturas.

Durante la segunda ronda de experimentos, se encontró que las capturas de insectos fueron menores en aquellas localidades con menor precipitación y vegetación menos densa (Coyuca de Benítez y Petatlán). En Rodecia (Tecpan) y Atoyac (Corral Falso), zonas con mayor humedad y vegetación más densa, se encontraron mayores índices de capturas. Este comportamiento podría indicar que un aspecto crítico en la dinámica poblacional del mayate prieto en la Costa Grande de Guerrero va a ser la humedad. Además, los cultivos asociados a los cocoteros, como el banano y el mango, favorecerán al insecto, así como el descuido de los aspectos de limpieza (palmas muertas, hojas caídas, etc.). Otra situación que favorece la alta densidad del insecto, es la presencia de ciénagas, esto relacionado lógicamente también con alta humedad.

En Coyuca se observó atracción al tratamiento IV (sustancias químicas volátiles+feromona), pero este fenómeno no puede explicarse con la información disponible, y las condiciones de menor humedad de la región podrían estar afectando el comportamiento del insecto.

Recomendaciones

Las siembras intensivas de coco enano o híbridos y de palma de aceite en la región, podrían beneficiar las poblaciones del insecto, por lo cual se debe establecer un programa de protección sanitaria en la Costa Grande del Estado de Guerrero.

La trampa que contiene 2 kg de banano como cebo alimentario y la feromona Rhyngo-Lure,® más un insecticida, puede recomendarse para nuestras condiciones. No obstante, otras fuentes de

alimento podrían también ser probadas. Es importante también utilizar insecticidas menos tóxico que el Lannate, o bien coleccionar y eliminar manualmente los insectos capturados.

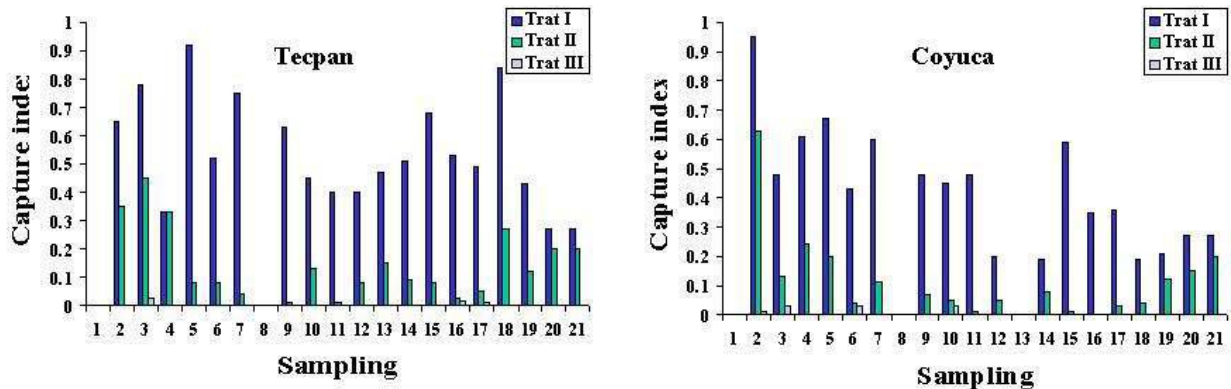


Fig. 6. Índice de capturas de *R. palmarum* en Tecman y Coyuca. Muestreos hechos cada dos semanas que se iniciaron en febrero de 1998. I bananos + rhynchophorol + lannate, II bananos + rhynchophorol + embudo, III volátiles + rhynchophorol + embudo

Se deben seleccionar las áreas prioritarias en el control del mayate prieto: Tecpan y Atoyac como primarias y Coyuca de Benítez y Petatlán como secundarias; esto de acuerdo a los resultados de estudios de prevalencia de la plaga. En las áreas primarias se podrían utilizar 2 ó 3 trampas por hectárea, y en las demás una trampa/ ha. La vegetación y los cultivos asociados deben considerarse áreas prioritarias en la colocación de trampas, por ejemplo, banano como cultivo vecino o asociado y mango.

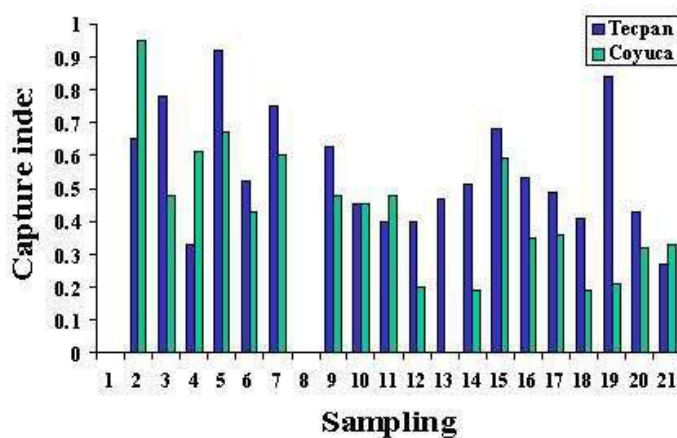


Fig. 7. Índice de capturas de *R. palmarum* en dos lugares. Trampas con rhynchophorol y bananos con el insecticida lannate. Muestreos cada dos semanas que se iniciaron en febrero de 1998.

Se debe de intensificar el muestreo durante la época de lluvias y al final de las mismas, y documentar la población de la plaga en cada área de estudio (trampas), además de obtener datos de palmas muertas por el anillo rojo antes y durante el trampeo.

Es importante entrenar personal del área en el uso de las trampas y la feromona en particular. Los propios agricultores podrían llevar a cabo el muestreo, con la coordinación de la SAGAR. Hay que considerar que se está substituyendo la palma típica alta, por coco enano o híbrido, por lo que en un futuro se esperaran altas poblaciones de mayate prieto.

La intensidad de las capturas debería aumentarse antes de que se presenten los picos poblacionales: enero-febrero (primavera) y junio-julio (verano). Por último, el programa de limpieza tendrá más éxito en tanto las huertas se mantengan limpias y se eliminen los sitios de cría y refugio del insecto (materia orgánica en descomposición).

Literatura

- Anónimo. 1998. Recursos agrícolas del subtrópico y trópico mexicano. C. P. INEGI 174 pp.
- Apple, J. L., P. S. Benepal., R. Berger., G. W. Bird., A. P. Gutiérrez., F. Maxwell., W. G. Ruesink., P. Santelmann and G. B. White. 1979. Integrated Pest Management. Inter society consortium of plant protection. USA. sept.
- Camino, L. M. 1975. Captura de *Rhynchophorus palmarum* en trampas de color en tres comunidades vegetales en Sánchez Magallanes y Paraíso, Tabasco. Folia Entomológica Mexicana. 33: 63-64.
- Camino, L. M. y Jiménez, P. A. 1995. Biocontrol de insectos: Una alternativa Ecológica. En: Plantas. IPN. ISBN-968-29-8303-7. Yautepec, Mor. 46-50 pp.
- Camino, L. M., Jiménez, P. A., Castrejón Ayala, F. 1992. Pruebas de atracción de *Rhynchophorus palmarum* hacia cebos naturales en diferentes localidades del Estado de Morelos. Acta Mexicana de Ciencia y Tecnología. Vol. X (37): 29-34.
- Camino, L. M., Ochoa, G. M. y Hernández, M.C. 1998. Hábitos del Mayate prieto de la palma de coco, *Rhynchophorus palmarum*(L). Memorias del XXXIII Cong. Nal. Ent. Soc. Mex. Ent. Acapulco, Gro. 24-27 de Mayo de 1998. pp 561.
- Carrera, B. R. 1999 Asoc. prof. contr. plagas. Comunicación personal. Cuernavaca, Mor.
- Chinchilla, C. 1998. Comunicación personal. Proyecto Palma Tica. Costa Rica.
- Chinchilla, C. 1998. Comportamiento y manejo de la población del picudo americano de la palma, *Rhynchophorus palmarum* (L). Memorias del XXXIII Cong. Nal. Ent. Soc. Mex. Ent. Acapulco, Gro. 24-27 de Mayo de 1998. pp 562.
- Chinchilla, C.Ml., Oehlschlager, A.C., González, L.M. 1993. Management of the red ring disease in oil palm through a pheromone-based trapping of *R. Palmarum*. In. 1993 PORIM Int. Palm Oil Congress. Kuala Lumpur, September 1993. Proceedings. P. 428-441.
- Domínguez, Y. y J. L. Camilo-Sánchez 1976. Lista de insectos en la colección Entomológica del I.N.I.A. 2º suplemento INIA-SAGAR. Folleto Misceláneo No. 29 México D.F. 245 pp.
- Elizondo, S. F. 1980. Captura del picudo del cocotero *Rhynchophorus palmarum* mediante la trampa Colima en el valle de Tecomán. Fol Ent. Mex. 43: 25-26.
- García, E. 1973. Modificación al sistema de clasificación climática de Köeppen. UNAM México, D. F. 243 pp.
- Garrido Ramírez, E. R. 1995 Diversidad genética C.P. Montecillos, Mex. 69-78 pp.
- Geiger, P. W. 1966. Management of insect pests. Annu. Rev. Ent. II: 471-490.

- González, E. A. 1990. Los tipos de agricultura y las regiones agrícolas de México. C.P., Montecillo, Mex. 140 pp.
- González, Ñ, A. y Camino, L. M. 1974. Biología y hábitos del mayate de la palma de coco *Rhynchophorus palmarum* (L.) en la chontalpa, Tabasco. Fol. Ent. Mex. No. 28: 13-19.
- Hagley, E. A. 1965 On the life history and habits of the palm weevil, *Rhynchophorus palmarum* Annals of the Ent soc Amer. 58 (1): 22-26.
- Maharaj J. S. 1973 A new design of a Trap for collecting the palm weevil Ceylan coconut Rev 7 (1) : 5-7
- Mac Gregor, R. y Gutiérrez, O. 1983. Guía de insectos nocivos De. Alhambra 166 pp.
- Metcalf, R. L. y Luckmann W. H. 1990. Introducción al manejo de plagas de insectos de. Limusa 710 pp.
- Morón, M. A. y R. A. Terrón. 1988 Entomología práctica. Inst. de Ecología. México pp 287-289.
- Mosqueda, R. 1998. Campo Cotaxtla. INIFAP. Comunicación personal, Veracruz. Ver.
- Noriega, D. H. Becerra, N. L. y Hernández F. R. 1991. Estudio preliminar de enfermedades del cocotero en la costa de Guerrero, México Rev. Mex. de fitopatología Vol 9 (2): 84-93.
- Oehlschlager, A. C., C. Chinchilla, L. M. González., L. F. Jiron., R. Mexzón and B. Morgan. 1992. Development of pheromone-based trapping systemt of the american palm weevil *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera:curculionidae) J. Econ Entomol. 86 (5): 1381-1392.
- Oehlschlager, A. C., Chinchilla, C.MI., González, L.M. 1993. Optimization of a pheromone-baited trap for the American palm weevil. In. 1993. Int. Oil Palm Congress. Kuala Lumpur, September 1993. Proceedings. P. 645-660.
- Pimentel, D. 1961. Species diversity and insect populations outbreaks. Ann Entomol. Soc. Amer. 54: 76-86.
- Ping-Wu, May-chien Kuo., G.h. Thomas, R.T. Rosen and chi-tang, Ho. 1991. Free and glycosidically bound aroma compounds in pineapple. J. Agric. food chem. 39: 170-172.
- Rabb, R. L. and F: E: Guthrie. 1970 concepts of pest management. North Carolina State Univ. 242 pp.
- Rochat, D. C. Molosse, M Lettere., P.H. Ducrot., P. Zagatti, M. Renov and C Descoins 1991. Male-produced aggregation pheromone of American palm weevil *Rhynchophorus palmarum* collection, identification electrophysiological activity and laboratory biossay. J. chem. Ecol. 17: 2127-2140.
- Santos-Osmin, A. E. Y Cid del Prado, J. Cibrian T. y E. Cárdenas. 1996 Evaluación de tratamientos para la captura de adultos del Mayate prieto en la costa grande de Guerrero. Avances en la Inv. Inst. Fit. C.P. pp. 108-109
- Santos-Osmin, A. E. 1998. Evaluación de tratamientos para la captura de adultos del mayate prieto en la Costa Grande de Guerrero. Memorias XXXIII Congr. Nal. Ent. Acapulco, Guerrero. Memorias XXXIII Congr, Nal. Ent. Acapulco Gro. 24-27 mayo 567-569.
- Smith, E. H. 1972 Implementing practical pest management strategies. proceeding of a national extension pest management workshop. Lafayette, Indiana USA
- Sotelo Oscar 1998. Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Guerrero. Comunicación personal. Acapulco Gro.

Germinación del polen en poblaciones derivadas de un híbrido entre *Elaeis guineensis* Jacq. y *E. oleifera* HBK, Cortes

Alvarado A¹, Bulgarelli J., Moya B.

Resumen

La viabilidad del polen fue alta en *E. guineensis* y *E. oleifera* (61.8% y 66.9%) y baja en el híbrido (6.2%). Asimismo, fue mayor al 50% en las poblaciones híbridas recurrentes hacia *E. guineensis*. No obstante, la germinación decreció cuando la proporción de *E. oleifera* en el híbrido fue mayor del 25% (poblaciones recurrentes hacia *E. oleifera*). Los resultados indican que la viabilidad del polen no es un obstáculo para explotar comercialmente los híbridos O_xG retrocruzados hacia *E. guineensis*

Introducción

En Costa Rica existen varias poblaciones de palmas obtenidas a partir de retrocruces hacia *E. guineensis*, de un híbrido natural entre *E. oleifera* y *E. guineensis* (O_xG), las cuales tienen un alto valor comercial debido a sus excelentes rendimientos de fruta, sus hojas cortas y la baja tasa de crecimiento del tronco (Sterling et al. 1988). Estas características son deseables pues existe la posibilidad de aumentar la densidad de siembra y prolongar la vida útil de la plantación comercial.

Se conoce que la viabilidad del polen es alta dentro de *E. guineensis* y *E. oleifera*, pero es baja en el híbrido inter-específico (Hardon y Tan 1969). Dado que las poblaciones en estudio se obtuvieron de un híbrido O_xG, es importante conocer si la viabilidad del polen había sido afectada. Una baja germinación podría causar una inadecuada polinización de las inflorescencias y por consiguiente una conformación pobre de los racimos.

Materiales y métodos

El estudio se realizó entre los meses de octubre de 1997 y marzo de 1998, en el área experimental del Programa de Investigaciones en Palma Aceitera de ASD Costa Rica en el pacífico sur de Costa Rica. La zona se ubica a 8 msnm, tiene una precipitación anual promedio de 4118 mm, y la estación de menos lluvias ocurre entre los meses de enero a marzo. Las temperaturas medias bajas y altas son de 21.2 y 31.8 °C.

El polen fue recolectado en palmas sembradas entre 1979 y 1995. La unidad de muestreo fue la inflorescencia, y el tamaño de la muestra para cada población se estimó con un 85% de confiabilidad y 15% de precisión (Cuadro 1).

¹ ASD de Costa Rica. Apdo. 30-1000 San José, Costa Rica

Selección en palma aceitera por el contenido de almendra

A. Alvarado¹, F. Sterling, C. Montoya

Resumen

En el Programa de Investigaciones en Palma Aceitera (PIPA) de ASD de Costa Rica la estrategia de mejoramiento ha perseguido el incremento del porcentaje de mesocarpio en el fruto y de aceite en el mesocarpio, lo que ha causado una disminución en el contenido de almendra. Gracias a la variabilidad genética disponible, y a la elevada heredabilidad de esta característica, es posible revertir el proceso y producir materiales con un alto contenido de almendra. Debido a esto, se evaluaron cuatro series de experimentos sembrados en la región del Pacífico Sur de Costa Rica entre 1977 y 1991 con progenies de diversos orígenes genéticos, con el fin de seleccionar aquellas con las cuales se lograría un incremento rápido en el contenido de almendra en el racimo.

Se separaron los componentes de la varianza fenotípica y se estimaron los valores de habilidad combinatoria para observar el aporte de la madre y del padre a la producción total de almendra. Esta variable se usó como dependiente en un modelo de regresión múltiple para determinar las variables independientes de mayor importancia.

La producción de almendra por hectárea fue afectada tanto por la habilidad combinatoria general como por la habilidad combinatoria específica. En el modelo de regresión, las siguientes variables explicaron el comportamiento de dos índices de selección (uno económico y otro de producción de aceite y almendra) usados como variables dependientes: peso total de racimos, altura del tronco, longitud de la hoja, almendra en el fruto y aceite más almendra en el racimo. Cuando el modelo se aplicó a los datos fenotípicos para seleccionar las progenies con mayor contenido de almendra, se reflejó una mayor producción de fruta fresca, un mejor crecimiento vegetativo y una mayor producción de aceite y almendra.

El contenido de almendra fue superior en los materiales Tanzania y La Mé. Hay dos formas de obtener un alto contenido de almendra en el racimo: a través del material convencional Deli x AVROS, que garantiza un alto rendimiento de fruta pero con el cual la ganancia en almendra puede ser modesta; o mediante el uso de cruces menos explotados comercialmente, pero que podrían incrementar rápidamente la producción de almendra, tales como Tanzania x La Mé o Deli/Tanzania x La Mé.

Introducción

El objetivo del mejoramiento genético en palma aceitera es crear genotipos con el máximo potencial de rendimiento de aceite y almendra por unidad de área. Breure y Bos (1992) y Breure y Verdooren (1995) describieron la estrategia para seleccionar los materiales superiores, la cual involucra tres etapas: 1) selección fenotípica de las palmas superiores; 2) selección con base en la habilidad combinatoria general (HCG) mediante pruebas de progenies; y 3) la evaluación de

¹ ASD de Costa Rica, a.alvarado@asd-cr.com

Vertebrados silvestres registrados en una parcela de palma aceitera en Tabasco, México

Saúl Sánchez¹

Resumen

Se realizó un inventario de las especies de vertebrados silvestres observados en una parcela adulta de palma aceitera en el estado de Tabasco, México. Se identificaron 26 especies que incluyen: aves (14), mamíferos (5), reptiles (5) y anfibios (2). Varias de las especies pueden ser agentes importantes en el combate de plagas y 12 están consideradas como especies amenazadas con extinguirse en el estado. Se discute el efecto negativo que podrían tener algunas prácticas fitosanitarias en la diversidad y abundancia de estos vertebrados.

Introducción

El conocimiento de los organismos vivos que interactúan en los ecosistemas agrícolas tiene importancia relevante para los programas de manejo integrado de plagas, ya que, por un lado, algunos de ellos pueden ser agentes importantes en el combate de plagas, y por otro lado, constituyen una razón importante del por qué hacer un uso racional de productos químicos desde el punto de vista de la protección y conservación de las especies (Hilje y Hanson 1998). En general, los vertebrados silvestres observados en las plantaciones de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.), son en su mayoría especies perjudiciales para esta palmacea. En menor medida se encuentran especies benéficas que actúan como agentes de combate de plagas (Wood 1976). Por otra parte, considerando las características biológicas y morfológicas de la palma aceitera y el ambiente boscoso que se forma, es factible pensar que este ecosistema pueda ser importante para la vida de diversas especies de animales, especialmente en las zonas donde el hábitat natural de ellos ha sido alterado.

En el estado de Tabasco, México, se inició recientemente un proyecto de siembra de palma aceitera, que pretende completar 3000 ha sembradas en el año 2000 (Astengo 1999). El presente trabajo tuvo como objetivo hacer un registro de los vertebrados silvestres observados en la plantación de palma aceitera del Colegio de Postgraduados - Campus Tabasco

Materiales y métodos

El estudio se realizó en una parcela de palma aceitera de 12 ha localizada en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, entre los 17° 59' de latitud norte y 93° 38' de longitud oeste. Esta plantación fue establecida en 1970 con fines experimentales (Pastor 1972). Las plantas se encuentran sembradas en triángulo a una distancia de 9 x 9 m. Durante el tiempo de estudio la plantación fue utilizada como sitio de descanso de ganado

¹ Colegio de Postgraduados, Instituto de Fitosanidad, Campus Tabasco. Apdo. 24, 86500, H. Cárdenas, Tabasco, México

vacuno. La eliminación de malezas (principalmente gramíneas) dentro de ella fue ocasional y estuvo libre de la aplicación de plaguicidas. Las tierras adyacentes están cubiertas por pastos, cocoteros asociados con pastos y pequeñas áreas de vegetación secundaria en los márgenes de caminos, linderos y canales de avenamiento. Se realizaron visitas mensuales durante los años 1997 y 1998. La determinación de las especies de vertebrados se realizó en el campo consultando los trabajos de Casas y Clarence (1979), Aranda (1981), Aranda y March (1987), Esparza et al. (1988), y Peterson y Chalif (1989).

Resultados y discusión

Se identificaron 26 especies de vertebrados, incluyendo 14 de aves, 5 de mamíferos, 5 de reptiles y 2 de anfibios (Cuadro 1). Todas las especies son residentes de la región, de tal modo que pueden presentarse en la plantación en cualquier época del año. También se observaron otras especies de vertebrados que no pudieron ser identificadas, entre los que se incluyen aves, murciélagos, ratas, serpientes, lagartijas y ranas.

Una especie considerada perjudicial a la palma aceitera en Tabasco es el ave *Coragyps atratus*, la cual daña frutos maduros (Sánchez y Ortíz 1998) durante cualquier época del año. Esta ave se establece en la plantación durante todo el año. Las ratas (especies no identificadas), fueron abundantes en el área, y es posible que algunas de ellas sean de importancia económica, particularmente en plantaciones jóvenes (Wood 1976). Durante el establecimiento de esta plantación, las ratas dañaron alrededor del 50% de las plantas (Pastor 1972). Los roedores constituyen una fuente importante de alimento para varias de las especies depredadoras registradas en este estudio.

Las especies que están involucradas de manera directa en la regulación natural de especies dañinas, son aquellas que se alimentan de invertebrados y/o vertebrados (especialmente ratas) o tienen hábitos omnívoros (Cuadro 1). De hecho, el ave *Quiscalus mexicanus* es conocido en Centroamérica como un enemigo natural de larvas y adultos del defoliador *Opsiphanes cassina* F. (Lepidoptera: Brassolidae) (Chinchilla 1997), el cual también está presente en Tabasco (Sánchez y Ortíz 1998). En Malasia, la lechuza *Tyto alba*, constituye un agente importante de combate biológico de ratas en palma aceitera (Duckett 1984). Ortíz García (1999. CP-CT, comunicación personal) observó un ejemplar de *Cyanocorax morio* depredando a un adulto de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae), especie vector del *Bursaphelenchus cocophilus* que causa la enfermedad conocida como anillo rojo-hoja pequeña en palma aceitera.

Por otro lado, las aves *Buteo magnirostris*, *C. morio*, *Q. mexicanus*, *Melanerpes aurifrons*, *Pitangus sulphuratus* y *T. alba*, así como los mamíferos *Felis yagouaroundi*, *Tamandua mexicana* y *Procyon lotor*, y los reptiles *Boa constrictor*, *Basiliscus vittatus* e *Iguana iguana*, son especies amenazadas en el estado de Tabasco (García et al. 1996; Fraire 1997; Pérez 1998). El felino *F. yagouaroundi* se considera en peligro de extinción en México (Hernández 1994). La importancia futura que pudiera tener el agroecosistema de la palma aceitera en Tabasco para la vida de estos y otros animales al servir como sitio de alimentación, anidación, refugio, descanso o vías de acceso hacia otros hábitats, estaría determinada en gran medida, entre otros factores, por el manejo agronómico del cultivo, en especial por la eliminación total de la vegetación comúnmente no deseada (malezas y arbustos) y

Cuadro 1. Vertebrados silvestres observados en una parcela de palma aceitera en Tabasco, México

Especies	Familia	Nombre común*	Hábitos alimentarios**
Aves			
<i>Buteo magnirostris</i>	Accipitridae	gavilán	invertebrados
<i>Coragyps atratus</i>	Cathartidae	zopilote	carroña, frutos de palma aceitera***
<i>Columbina minuta</i>	Columbidae	tortolita	semillas
<i>Cyanocorax morio</i>	Corvidae	pea	invertebrados, frutas, vertebrados
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Cuculidae	pijul	invertebrados
<i>Icterus sp.</i>	Emberizidae	bolsero	invertebrados
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Emberizidae	zanate	invertebrados, semillas
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Falconidae	vaquero	vertebrados
<i>Polyborus plancus</i>	Falconidae	caracará	carroña, vertebrados
<i>Turdus grayi</i>	Muscicapidae	zorzal	invertebrados, frutas
<i>Melanerpes aurifrons</i>	Picidae	chejé	invertebrados, frutas
<i>Aratinga nana astec</i>	Psittacidae	perico	frutas, semillas, invertebrados
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Tyrannidae	pistoqué	invertebrados, frutas, vertebrados
<i>Tyto alba</i>	Tytonidae	lechuza	vertebrados
Mamíferos			
<i>Canis latrans</i>	Canidae	coyote	omnívoro
<i>Didelphis marsupialis</i>	Didelphidae	tlacuache	omnívoro
<i>Felis yagouaroundi</i>	Felidae	leoncillo	vertebrados
<i>Tamandua mexicana</i>	Myrmecophagidae	brazo fuerte	termitas, hormigas, otros insectos pequeños
<i>Procyon lotor</i>	Procyonidae	mapache	omnívoro
Reptiles			
<i>Boa constrictor</i>	Boidae	boa	vertebrados
<i>Micrurus sp.</i>	Elapidae	coralillo	vertebrados
<i>Bothrops asper</i>	Viperidae	nauyaca	vertebrados
<i>Basiliscus vittatus</i>	Iguanidae	toloque	Invertebrados
<i>Iguana iguana</i>	Iguanidae	iguana	Invertebrados
Anfíbeos			
<i>Bufo sp.</i>	Bufonidae	sapo	invertebrados
<i>Dermophis sp.</i>	Caecilidae	cecilia	lombrices de tierra?

- En México. **Birds: Coates y Estrada (1985); Mammals: Aranda y March (1987); Reptiles and amphibians: personal observation. *** Sánchez y Ortiz (1998)

empleo de plaguicidas no selectivos. Por ejemplo, en Malasia se ha observado que el uso del rodenticida brodifacoum puede causar la muerte de lechuzas (*T. alba*) que se alimentan de ratas envenenadas con este producto (Duckett 1984). El uso de trampas conteniendo cebos envenenados para el control de plagas invertebradas puede ser igualmente letal cuando éstas presentan fácil acceso a otros animales. En plantaciones de cocotero (*Cocos nucifera* L.) el autor ha encontrado tlacuaches (*D. marsupialis*), ranas y murciélagos muertos dentro de trampas (cubetas de plástico conteniendo piña, agua y metomil) empleadas para la captura de adultos de *R. palmarum*.

Una especie frecuentemente asociada al cultivo es el pájaro carpintero o chejé (*M. aurifrons*), el cual fue observado refugiándose al caer la noche en cavidades hechas por él en las bases peciolares de hojas que fueron eliminadas años atrás.

Las consideraciones anteriores ponen en evidencia la necesidad de realizar estudios tendientes al establecimiento de prácticas agronómicas que permitan crear un ambiente favorable para el cultivo y para la fauna de vertebrados silvestres. Al respecto, una consideración especial habría que tomarse en el caso de la serpiente *Bothrops asper*, por el peligro que representaría su presencia para la vida de los trabajadores de campo.

Conclusiones

Se concluye que en el estado de Tabasco el cultivo de palma aceitera puede constituir un ecosistema importante en la conservación de varias especies de vertebrados silvestres, incluyendo depredadores de especies perjudiciales, donde el hábitat natural ha sido alterado por el establecimiento de otros cultivos ecológicamente pobres, siempre y cuando se eviten acciones que alteren en forma importante el entorno ecológico.

Literatura

- Aranda S., J.M. 1981. Rastros de los mamíferos silvestres de México. Manual de Campo. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz, México. 198 p.
- Aranda, M. y March, I. 1987. Guía de los mamíferos silvestres de Chiapas. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, y Programa para Estudios en Conservación Tropical, Universidad de Florida. Xalapa, Veracruz, México. 149 p.
- Astengo L., E. 1999. La palma de aceite en Tabasco. Gerencia Técnica, Programa de Palma de Aceite, Gobierno del Estado de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 32 p.
- Casas A., G. y Clarence, J.M. 1979. Anfibios y reptiles de México. Editorial Limusa. México. 87 p.
- Chinchilla, C.M. 1997. Fauna perjudicial en palma aceitera. In: Memorias del Curso "Aspectos Generales del Cultivo de la Palma Aceitera". ASD Costa Rica. 49 p.
- Coates E., R. y A. Estrada. 1985. Lista de aves de la Estación de Biología Los Tuxtlas. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 41 p.
- Duckett, J.E. 1984. Barn owls *Tyto alba* and the "second generation" rat-baits utilised in oil palm plantations in peninsular Malaysia. *The Planter* 60(694): 3-11.

- Esparza A., E., Cabrera, A., Granados, A., González, L.C., Pineda, R.F., Zapata, R., Páramo, S. y Arriaga, S. 1988. Muestras de la fauna de Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 99 p.
- Fraire S., L. 1997. Situación actual de la fauna silvestre en el estado de Tabasco. In: X Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Villahermosa, Tabasco, México. P. 176-177.
- García L., E., Palma, D.J. y Sol, A. 1996. La conservación de los recursos naturales en el parque ecológico de la Chontalpa. In: IX Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Villahermosa, Tabasco, México. P. 128-133.
- Hernández H., A. 1994. ¿Podrán sobrevivir los mamíferos carnívoros de México? Ciencia y Desarrollo 114: 54-63.
- Hilje, L. y Hanson, P. 1998. La biodiversidad tropical y el manejo integrado de plagas. Manejo Integrado de Plagas 48: 1-10.
- Pérez G., J. 1998. La fauna silvestres en el estado de Tabasco. Agrotiempo 64: 6-7.
- Pastor S., G. 1972. Estudio comparativo de 5 cruzas de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) en La Chontalpa, Tab. Tesis de Licenciatura. Colegio Superior de Agricultura Tropical. Cárdenas, Tabasco, México. 83 p.
- Peterson, R.T.y Chalif, E.L. 1989. Aves de México. Guía de Campo. Editorial Diana. México. 473 p.
- Sánchez S., S. y Ortíz G., C.F. 1998. Oil palm pests and pollinators in Tabasco, Mexico. ASD Oil Palm Papers 18: 25-28.
- Wood, B.J. 1976. Vertebrate pests. In: Oil Palm Research. Developments in Crop Science (1). Corley, R.H.V., J.J. Hardon and B.J. Wood (eds.). Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam. P. 395-418.

las mejores familias, realizando cruces entre ellas de modo que se explote la HCG y la habilidad combinatoria específica (HCE).

De los dos componentes de la habilidad combinatoria, la HCG (que se refiere al efecto aditivo que la madre y el padre aportan a la varianza genética total) y la HCE (que es la contribución de la interacción de los dos progenitores sobre el comportamiento de su descendencia), la HCG brinda generalmente el mayor aporte a la varianza genética total, lo cual significa que el comportamiento medio de los progenitores permite predecir adecuadamente el de su descendencia (Falconer, 1960; Sterling et al. 1994).

Otra forma de predecir el comportamiento de las progenies es mediante la estimación de la heredabilidad, que mide la facilidad con la que tiene una característica, evaluada fenotípicamente en los padres, para ser transmitida a la descendencia (Falconer 1960). Entre más alto sea el valor de la heredabilidad de una variable, con mayor facilidad será heredada, por lo que la selección fenotípica de esa variable es muy efectiva. La almendra en el fruto y la almendra en el racimo son variables que generalmente tienen altos valores de heredabilidad, entre 0.5 y 0.9 (Breure y Bos 1992; Sterling et al. 1994).

En el Programa de Investigaciones en Palma Aceitera (PIPA) de ASD de Costa Rica, la estrategia de mejoramiento ha perseguido el incremento del porcentaje de mesocarpio en el fruto y de aceite en el mesocarpio, lo que ha causado una disminución en la razón de almendra en el fruto. Si se dispone de suficiente variabilidad genética y la heredabilidad de esta característica es alta, es posible revertir el proceso y producir materiales con un alto contenido de almendra cuando la industria del aceite de palma requiera de más ácido láurico.

En este trabajo se presentan los resultados de cuatro series de experimentos, sembrados con progenies de diversos orígenes genéticos, cuyo fin fue seleccionar, dentro de los padres respectivos, aquellos con los cuales se lograría un incremento rápido en el contenido de almendra en el racimo.

Materiales y métodos

Los experimentos de prueba de progenies se iniciaron en el Pacífico Central (Quepos) y en el Pacífico Sur (Coto) de Costa Rica en 1977. En ellos se evalúan cruces de origen Deli x AVROS cuyas líneas parentales fueron importadas de las estaciones experimentales asiáticas de Banting, Chemara, Mardi y Dami y de otras poblaciones entre las que destacan las líneas masculinas Ekona, Calabar, La Mé, y Tanzania (Cuadro 1).

Cuadro 1. Experimentos de progenies establecidos por ASD, Costa Rica de progenies establecidos por ASD, Costa Rica

Localidad	Año de siembra	No. progenies	Origen
Coto	1977	98	Deli x AVROS DxP
Coto	1986 a 1988	91	Deli x AVROS DxP
Quepos	1987	168	Deli x AVROS DxP
Coto	1991	78	Varios orígenes DxP y DxT *

La región de Quepos se caracteriza por una precipitación anual media de 3441 mm, una estación seca de diciembre a abril, un ámbito de temperatura entre 22.6 y 31.1°C, y un promedio diario de 5.8 horas de sol. En Coto, la lluvia anual media es de 4069 mm, la época seca comprende de diciembre a marzo, la temperatura varía entre 21.6 y 32.3°C y su promedio diario de horas de sol es 5.5.

Cálculo de los componentes genéticos de la varianza

En cada serie de experimentos se definió un modelo por medio del cual fue posible separar los componentes de la varianza total, y luego se obtuvieron estimados de la contribución de cada progenitor, de su interacción y del efecto ambiental. Para ello se usó un procedimiento similar al descrito por Sterling et al. (1994) y Breure y Verdooren (1995). Los modelos son fijos, pues los materiales no son muestras aleatorias de la población mundial sino de los existentes en la colección de materiales de ASD en Costa Rica. Los componentes de las varianzas se derivan al igualar los cuadrados medios observados con los valores esperados de los propios cuadrados medios, obteniéndose así que:

$$CM_e = s^2$$

$$CM_D = s^2 + c_1 s_p^2 + c_2 s_d^2$$

$$CM_p = s^2 + c_3 s_p^2$$

donde:

CM = cuadrado medio del error (e), de *duras* (D) o de *pisíferas* (p)

s^2 = varianza general de *duras* (d) o de *pisíferas* (p.)

c_1, c_2 y c_3 = coeficientes provenientes del tipo de diseño dialélico parcial utilizado

El grado de enlace entre los cruces permitió utilizar los "cuadrados mínimos" para el cálculo de los componentes de las varianzas. Los cuadrados medios del error de las *duras* y de las *pisíferas* se estimaron por medio del procedimiento PROC GLM, y su opción RANDOM/Q, o directamente por medio del PROC VARCOMP, del paquete SAS. Con esto se despejaron, de las ecuaciones anteriores, las varianzas de cada fuente.

El SAS proporciona los cuadrados medios:

Dependent Variable: FFB (producción de fruta fresca)

Source	DF	Type I SS	Type I MS
Female	42	11005.79	262.04
Male	13	2530.06	194.62
Error	19	1875.54	98.71
Corrected total	74	15411.40	

Source	Expected mean square
Female	Var (error) + 0.8165 Var (Male) + 1.7225 Var (Female)
Male	Var (error) + 2.4615 Var (Male)
Error	Var (error)

Variance components	Estimate
Var (Female)	76.35
Var (Male)	38.96
Var (error)	98.71

De esta forma;

$$1) 98.71 = s^2$$

$$2) 262.04 = s^2 + 0.8165 s^2 p + 1.7225 s^2 d$$

$$3) 194.62 = s^2 + 2.4615 s^2 p$$

La sustitución de la ecuación 1 en la 3 permite despejar $s^2 p = 38.96$. Este valor se sustituye en 2 para obtener $s^2 d = 76.35$. La diferencia entre el error (98.71) y el efecto desconocido o ambiental (48.30) constituye la interacción: $98.7 - 48.3 = 50.4$

El porcentaje que representa la varianza de cada fuente con respecto a la varianza total se utiliza para estimar la habilidad combinatoria general y la específica. La primera es la suma de los porcentajes de las varianzas debidas a *duras* y a *pisíferas* y la específica es el porcentaje que representa la varianza debida a la interacción, como muestra el siguiente ejemplo:

	Var	(%)
Environment	98.7	22.5
Interaction	50.4	23.6
<i>Dura</i>	76.4	35.7
<i>Pisifera</i>	39.0	18.2
Total		100

Por lo tanto, el porcentaje de la variación debida a la habilidad combinatoria general es 53.9 (35.7 + 18.2) y el de habilidad combinatoria específica de 23.6.

Determinación de un modelo de regresión para la selección de las progenies

Seguidamente se definió un modelo de predicción, usando el procedimiento estadístico de regresión múltiple escalonada utilizado por Sterling et al. (1994), y se identificaron las variables relacionadas con la producción total de almendra.

Los valores HCG y HCE estiman la contribución de cada progenitor al valor de la variable para cada cruce. Se procedió a multiplicar los valores reales de los cruces por la HCG. Por ejemplo, si un cruce tiene una producción real (FFB) de 700 y la HCG es de 0.539, el valor predicho (FFBp) = $700 * 0.539 = 377.3$. Esta es la contribución general neta de los padres, la HCE y el efecto ambiental se obtienen por diferencia ($700.0 - 377.3$).

Estos valores se utilizaron como variables independientes en modelos de regresión múltiple, donde dos índices se usaron como variables dependientes: un índice de selección de almendra (ind_1) y la producción por hectárea de aceite más almendra (ind_2). El ind_1 es un índice ponderado que resume, en un solo algoritmo, el valor económico de la producción de aceite y de almendra por palma, corregido según la edad, la altura del tronco, la longitud foliar y la relación almendra/aceite en el racimo:

$ind_1 = (\text{valor de aceite} + \text{valor de almendra} + \text{valor de altura} + \text{valor de longitud de la hoja}) * (\% \text{ almendra en el racimo} / \% \text{ aceite en el racimo})$, donde,

$\text{valor de aceite} = (0.6 * \text{kg de aceite por palma por año} * 12 * \text{edad}) / \text{altura}$

$\text{valor del aceite de almendra} = (0.6 * 0.5 * \text{kg de almendra por palma por año} * 12 * \text{edad} * 100) / \text{altura}$
 $\text{valor de altura} = (-2.56 * \text{altura}) / 100$

$\text{valor de longitud de la hoja} = ((\text{valor de aceite} + \text{valor de almendra}) * (10000 / P * (\text{longitud de la hoja} / 100)^2)) / 143$

La edad se calcula en años, y la altura y la longitud de la hoja en cm.
 $ind_2 = t \text{ de aceite por hectárea por año} + t \text{ de almendra por hectárea por año}$
 $\text{peso de aceite por hectárea por año (t)} = \text{rendimiento de fruta} * \% \text{ aceite en el racimo} * 143 / 1000$
 $\text{peso de almendra por hectárea por año (t)} = \text{rendimiento de fruta} * \% \text{ almendra en el racimo} * 143 / 1000$

Estos modelos fueron analizados por medio de los procedimientos "COLLINOINT" y "PRINCOMP" del SAS para descartar variables con multicolinealidad. Los coeficientes de Mallows se usaron para determinar el número de variables en el modelo, en el que se incluyeron solamente las que tuvieron probabilidades inferiores al 5%.

En el siguiente paso el mejor modelo se aplicó a la parte de HCG de los valores reales de los cruces y se obtuvo un estimado de cada uno de los índices. Dichos estimadores fueron usados para la clasificación de las progenies. La intensidad de selección utilizada fue del 85% ($Z = 1.04$) (Sterling et al. 1994).

Resultados y discusión

Separación de los componentes de la varianza

En el Cuadro 2 se muestran los valores estimados de HCG y de HCE para las variables relacionadas con la producción de aceite y de almendra, en las cuatro series de experimentos. El componente más importante de la varianza total fue la HCG (madre más padre) en las variables producción de fruta fresca (FFB) y producción de aceite por hectárea por año (O/HA/Y). En la

primera variable la HCG explica del 54% al 79% de la variación total y en la segunda del 66% al 96%.

Cuadro 2. Estimados de habilidad combinatoria general y específica en cuatro grupos de pruebas de progenies

Variable	Fuentes de variación						Máximo progreso debido a:	
	Media	Dura	Pisifera	Dura + Pisifera (HCG)	Interacción (HCE)	Desconocida	HCG	HCE
QB87								
KGS	92.60	62.40	0.00	62.40	26.20	11.40	20.40	13.30
MFF	85.29	79.80	12.30	92.10	0.00	7.90	7.20	0.00
KNF	6.18	43.40	0.00	43.40	38.40	18.20	22.20	20.90
OBT	30.80	40.60	14.70	55.30	24.90	19.70	18.30	9.00
KSB	4.36	44.90	0.00	44.90	50.90	4.20	23.60	25.10
OHAY	3.69	59.50	23.30	82.80	17.00	0.20	54.70	18.00
KHAY	0.57	28.00	0.00	28.00	66.90	5.10	25.10	38.70
CB77								
KGS	121.70	35.70	18.20	53.90	23.60	22.60	24.10	11.40
MFF	85.90	14.10	44.20	58.40	30.70	11.00	5.50	2.90
KNF	5.70	0.00	39.40	39.40	45.20	15.40	17.50	18.80
OBT	27.50	11.00	2.80	13.80	70.60	15.60	7.90	13.30
KSB	3.94	0.00	39.20	39.20	46.20	14.60	19.30	20.90
OHAY	2.70	64.90	1.10	65.90	15.40	18.70	28.30	12.20
KHAY	0.68	22.10	22.70	44.80	40.80	14.30	41.00	27.70
CB86. 87 y 88								
KGS	107.70	50.50	15.50	66.00	28.20	5.80	49.20	23.70
MFF	86.10	79.30	15.00	94.40	0.00	5.60	7.20	0.00
KNF	6.50	87.10	3.50	90.60	2.00	7.40	36.00	4.60
OBT	27.50	72.10	10.20	82.30	3.80	13.80	14.30	2.40
KSB	4.33	82.15	0.52	82.67	8.86	8.47	32.80	9.98
OHAY	3.70	56.90	39.50	96.40	0.00	3.60	79.80	0.00
KHAY	0.68	73.59	13.20	86.79	8.95	4.27	83.93	20.56
CB91								
KGS	120.2	77.10	2.00	79.10	15.20	5.70	41.10	15.70
MFF	83.16	24.71	66.78	91.49	3.94	4.57	12.99	1.96

KNF	7.13	55.58	33.29	88.87	6.87	4.25	67.26	13.33
OBT	28.40	56.30	15.2	71.50	16.60	12.00	19.60	7.00
KSB	4.85	52.75	38.79	91.54	2.47	5.99	68.28	7.96
OHAY	5.04	62.07	18.62	80.69	6.35	12.96	41.48	8.57
KHAY	0.87	71.99	16.83	88.82	6.96	4.22	82.95	17.39

KGS = Peso total de racimos

MFF = Mesocarp en el fruto (%)

KNF = Almendra en el fruto (%)

OBT = Aceite en el racimo (%)

KSB = Almendra en el racimo (%)

OMK = Aceite + almendra en el racimo

OHAY = Aceite total /ha /año

KHAY = Almendra /ha /año

En la variable almendra por hectárea (Al/Ha) en la serie 3, la HCE tuvo mayor peso dentro del modelo que la HCG (66.9% de HCE y 28.0% de HCG), mientras que la HCG fue el componente más importante en las series 2 y 4 (86.8% y 88.8%). Estas diferencias se deben posiblemente al hecho de que la mayoría de los cruces de la serie 3 proviene de un solo padre, a diferencia de los otros dos casos en que la variabilidad genética es mayor.

Al fraccionar la HCG, se encontró que el aporte de la madre explicó la mayor parte de la variación en el contenido de almendra. Por ejemplo, la HCG de la variable k/ha en la serie 1 fue 82.8%, de la cual 59.5% corresponde a la madre y 23.3% al padre, en otras palabras, el 59.5% de la variación fenotípica fue explicada por el efecto materno. De aquí se desprende que la selección de las palmas Deli *dura* con los contenidos más altos de almendra permitirá una mejora sustancial de esta característica.

En el Cuadro 2 también se anota el máximo progreso, relativo a la media, asociado a cada uno de los componentes de la habilidad combinatoria (Breure y Bos 1992). De las series 2 y 4 se deduce que la explotación de la HCG permitirá el mayor progreso en el contenido de almendra; pues los valores de máximo progreso debido a HCG, asociados a las variables almendra en el fruto, almendra en el racimo y almendra por hectárea, son superiores a que los de HCE. Por ejemplo, en la variable almendra por hectárea, de la serie 2, el máximo progreso debido a HCG fue 83.0 mientras que el de HCE fue tan solo de 17.4. De ambos componentes de la HCG, la línea femenina fue la de mayor aporte. Esto significa que, con la adecuada selección de los genotipos y la explotación de la HCG, es posible avanzar rápido en el mejoramiento de esta variable.

Modelos de regresión

Cuando se utilizó el índ1 como variable dependiente, el modelo de mejor ajuste para cada una de las cuatro series incluyó algunas variables en común: peso total de racimos, porcentaje de almendra en el fruto (excepto en la serie 1 en donde la variable fue almendra en el racimo), altura del tronco y longitud de la hoja. Sin embargo, esta última variable quedó excluida en la serie 4 y en su lugar fue incluida porcentaje de frutos fértiles. El coeficiente de determinación (R^2) de los distintos modelos varió entre 77.6 y 97.2% (Cuadro 3).

Cuadro 3. Descripción de los modelos de regresión múltiple definidos para las series de pruebas de progenie

Serie	IERK Coeficient	Partial R ²	KOHAY Coeficient	Partial R ²
QB87				
Intercepto	339.43		2.75	
Rend	6.33	0.1	0.08	0.36
ATR	-5.3	0.05		
LHJ	-0.69	0.03	-0.01	0.16
KNF	134.02	0.6		
OMK			0.22	0.21
CB77				
Intercepto	100.69		2.75	
Rend	1.97	0.14	0.05	0.7
ATR	-0.72	0.09		
LHJ	-0.21	0.02	-0.01	0.14
KSB	92.09	0.72		
OMK			0.54	0.1
CB86				
Intercepto	163.73		1.98	
Rend	4.42	0.2	0.06	0.84
ATR	-63.14	0.06		
LHJ	-1.12	0.03	-0.02	0.09
KNF	76.29	0.63		
OMK			0.18	0.04
CB91				
Intercepto	-384		-7.51	
Rend	2.32	0.09	0.04	0.83
ATR	-4.06	0.12		
KNF	67.19	0.7		
OBT			0.08	0.05
FFB	6.72	0.02	0.07	0.04

Rend = Peso total de racimos; ATR = Altura de tronco; LHJ = Longitud de hoja; KNF = Almendra en el fruto (%); KSB = Almendra en el racimo (%); OMK = Aceite en la almendra (%); OBT = Aceite en el racimo (%); FFB = Fruto fértil en el racimo (%)

Con el ind_2 el modelo de mejor ajuste para las tres primeras series incluyó las siguientes variables independientes: producción de racimos, longitud de la hoja y porcentaje de aceite más almendra en el racimo. En la serie 4 las variables incluidas fueron el peso total de racimos, porcentaje de aceite en el racimo y porcentaje de frutos fértiles. El coeficiente de determinación varió entre 73.6 y 97.5%. En la serie 4, por ejemplo, el índice de almendra (ind_1) es explicado en un 70% por porcentaje de almendra en el fruto, en un 12% por altura de tronco y en un 9% por producción de racimos; mientras que la producción de almendra por hectárea (ind_2) estuvo determinado en 83% por la producción de racimos, en 5% por el porcentaje de aceite en el racimo y en 4% por el porcentaje de frutos fértiles (Cuadro 3).

Selección de las progenies

Una vez definidos los modelos de regresión se realizó la selección de las progenies usando cada uno de los índices de selección. Los promedios fenotípicos de las variables relacionadas con producción de racimos y de aceite, crecimiento vegetativo y composición del racimo fueron comparados para determinar la eficiencia de los estimadores (Cuadro 4).

Hubo algunas diferencias entre los dos índices. El ind_1 permitió determinar el progreso en la producción de fruta fresca, en el crecimiento vegetativo, y en la producción de aceite y almendra. En la serie 4, por ejemplo, los valores medios para los cruces seleccionados y no seleccionados de las variables peso total de racimos, altura del tronco y almendra por hectárea fueron 129.8 contra 119.9 kg, 92.8 contra 106.2 cm y 1.1 contra 0.7 t respectivamente.

El ind_2 permitió establecer diferencias en la producción de fruta, aceite y almendra. En la misma serie 4, los cruces seleccionados produjeron en promedio 145.9 kg de fruta por palma por año y 1.0 t de almendra/ha contra 114.2 kg y 0.8 t respectivamente en los cruces no seleccionados.

Debido a que las proporciones de mesocarpio y de almendra en el fruto son complementarias, es razonable pensar que un aumento en el contenido de almendra en el racimo coincida con una reducción, tanto en el contenido de mesocarpio en el fruto como de aceite en el mesocarpio. La ganancia en el contenido de almendra en el racimo en los cruces seleccionados fue considerable y fue proporcionalmente mayor a la reducción en el contenido de aceite, especialmente con el uso del ind_1 .

Para las cuatro series, el valor promedio de almendra en el racimo fue de 5.1% en los cruces seleccionados y 4.3% en la población total cuando se usó el ind_1 ; y 4.5% contra 4.3% al usar el ind_2 . En cuanto al contenido de aceite en el racimo, los cruces seleccionados mostraron una media de 27.8% contra 29.1% de la población total cuando se usó el primer índice; mientras que con el segundo criterio de selección el contenido de aceite en el racimo fue ligeramente mayor en los cruces seleccionados (29.4% contra 29.1%).

En resumen, con el uso del índice de selección de almendra (ind_1) se logró una mayor eficiencia en la selección de los cruces, pues no solo se aumentó el rendimiento de fruta, sino también se mejoró el crecimiento vegetativo y el contenido de almendra en el racimo, aunque hubo una ligera reducción en el contenido de aceite. Con el uso del ind_2 , la ganancia en almendra fue menor pero no hubo reducción en el contenido de aceite.

Cuadro 4. Valores fenotípicos de algunos de los parámetros de selección de mayor importancia en el mejoramiento de la palma aceitera, observados en los cruces seleccionados y no seleccionados en cuatro series de pruebas de progenies

Serie	n	NRC	KGS	PXX	ATR	LHJ	TFB	MFF	KNF	OMF	OBT	KSB	OMK	OPAY	OHAY	KHAY
Variable IERK																
CB77																
Selecta	25	21.7	129.5	6.1	303.08	712	68.8	83.6	6.5	46	26.5	4.5	28.7	34.7	2.9	0.83
No selecta	50	20.5	118.8	5.9	314.52	744	66.8	86.6	5.5	47.8	27.6	3.7	29.5	33.3	2.6	0.63
Total	75	20.9	122.4	5.9	310.71	733	67.4	85.6	5.8	47.2	27.2	3.9	29.5	33.7	2.7	0.69
CB86 87 88																
Selecta	22	19.3	129.3	6.8	70.38	585	66.9	85.0	7.3	47.7	27.1	4.9	29.5	36.3	4.5	0.91
No selecta	38	16.5	94.6	5.8	70.06	627	67.0	87.6	6	47.4	27.8	4	29.7	26.8	3	0.54
Total	60	17.5	107.3	6.2	70.17	612	66.9	86.7	6.5	47.5	27.6	4.3	29.6	30.3	3.5	0.68
QB87																
Selecta	46	15.3	92.6	6.1	65.41	565	71.7	83.9	7	48.7	29.4	5	31.8	26.9	3.6	0.66
No selecta	93	14.3	90	6.4	69.38	583	72.6	86.2	5.6	50.8	31.8	4	33.7	28.7	3.6	0.52
Total	139	14.6	90.9	6.3	68.06	578	72.3	85.4	6	50.1	31	4.4	33	28.1	3.6	0.57
CB91																
Selecta	20	21.7	129.8	6.1	92.79	606	70.7	79.8	8.9	47.1	26.6	6.1	29.7	35.8	4.9	1.12
No selecta	34	20.1	119.9	6.1	106.16	615	69.7	84.9	6.2	49.7	29.4	4.2	31.5	37.1	5	0.72
Total	54	20.7	123.6	6.1	101.21	612	70.1	83	7.2	48.8	28.4	4.9	30.8	36.6	5	0.87
Variable KOHAY																
CB77																
Selecta	26	22.2	136	6.2	320.38	709	68	84.9	6.1	47	27.1	4.1	29.2	36.9	3.1	0.81
No selecta	49	20.2	115.2	5.8	305.57	746	67.2	86	5.7	47.3	27.3	3.8	29.2	32.1	2.5	0.63
Total	75	20.9	122.4	5.9	310.71	733	67.4	85.6	5.8	47.2	27.2	3.9	29.2	33.7	2.7	0.69
CB86 87 88																
Selecta	21	19.7	132.5	6.9	72.13	590	67.3	85.3	7.2	47.8	27.5	4.8	29.8	37.3	4.6	0.92
No selecta	39	16.3	93.8	5.8	69.12	624	66.7	87.4	6.1	47.4	27.6	4.1	29.6	26.2	2.9	0.55
Total	60	17.5	107.3	6.2	70.17	612	66.9	86.7	6.5	47.5	27.6	4.3	29.6	30.3	3.5	0.68

QB87

Selecta	45	15.9	100.1	6.4	72.82	576	73.1	86	6.1	50.9	32	4.5	34.1	32.1	4.1	0.64
No selecta	94	14	86.4	6.3	65.79	578	71.9	85.1	6	49.7	30.5	4.3	32.5	26.1	3.3	0.53
Total	139	14.6	90.9	6.3	68.06	578	72.3	85.4	6	50.1	31	4.4	33	28.1	3.6	0.57

CB91

Selecta	16	22.8	145.9	6.5	101.31	635	71.5	83.4	6.9	47.6	28.4	4.9	30.8	42.8	5.8	1.03
No selecta	38	19.8	114.2	5.9	101.16	602	69.5	82.9	7.3	49.3	28.4	4.9	30.8	34	4.6	0.8
Total	54	20.7	123.6	6.1	101.21	612	70.1	83	7.2	48.8	28.4	4.9	30.8	36.6	5	0.87

NRC = Número de racimos

KGS = Peso total de racimos

PXX = Peso promedio de racimos

ATR = Altura de tronco

LHJ = Longitud de hoja

TFB = Fruto total en el racimo (%)

MFH = Mesocarpio en el fruto fértil (%)

KNF = Almendra en el fruto (%)

OMF = Aceite en el mesocarpio (%)

OBT = Aceite en el racimo (%)

KSB = Almendra en el racimo (%)

OMK = Aceite + almendra en el racimo (%)

OPAY = Aceite total /palma/año

OHAY = Aceite total /ha/año

KHAY = Almendra /ha/año

Variabilidad genética

En el cuadro 5 y el cuadro 6 se muestra los porcentajes de aceite y de almendra en el racimo observados en palmas *tenera* de varios orígenes en la prueba de progenies sembradas en el año 1991. El contenido promedio de aceite en el racimo fue similar en la mayoría de los orígenes maternos (28.1% a 29.0%), únicamente el material Tanzania mostró un porcentaje menor (25.4%). Entre los orígenes paternos, los materiales Calabar y Ekona mostraron los contenidos más altos de aceite (28.9% y 29.2%) y La Mé el más bajo (26.0%).

El contenido de almendra tuvo un comportamiento inverso al de aceite, con los valores de almendra más altos en los materiales Tanzania y La Mé, que son los que tienen el menor contenido de aceite (7.1% y 6.5% respectivamente).

Con la variabilidad genética disponible en los orígenes maternos es posible obtener progenies con un alto contenido de almendra. Por ejemplo, la combinación del origen Tanzania y La Mé permitiría alcanzar los contenidos más altos de almendra en el racimo (8.6%). Debido a esta variabilidad, el máximo progreso genético esperado para la producción total de aceite y almendra por hectárea es superior al que se obtendría con otras variables. Por ejemplo, el máximo progreso asociado a HCG + HCE de la variable almendra/hectárea en la serie 4 fue 100%, mientras que de mesocarpio en el fruto fue 15% (Cuadro 2).

El máximo progreso (Cuadro 2), es una indicación de la facilidad con la que se podría incrementar el valor fenotípico de una variable en una progenie, por medio de la explotación adecuada del potencial genético de sus progenitores. A pesar del origen genético restringido de las poblaciones Deli dura y AVROS, los resultados de las series 1, 2 y 3 indican que aún existe potencial para mejorar su contenido de almendra en el racimo. Para ello, se deben utilizar las

familias y las palmas individuales de estos orígenes que muestran contenidos máximos de almendra.

Cuadro 5. Porcentaje de aceite en el racimo en materiales de varios orígenes

Femenino	Origen masculino					
	AVROS	Calabar	Ekona	La Mé	IR1039	Mean
Deli	29.6	30.5	30.3	27.8	27	29
Deli/Angola		29.1	30.8	25.7	28.5	28.5
Deli/Ekona		28.2	29.8	27.7	29.5	28.8
Angola		29.9	28.5	24.7	29.3	28.1
Tanzania	25.6	27	26.7	23.9	23.9	25.4
Promedio	27.6	28.9	29.2	26	27.6	27.9

Sin embargo, un aumento rápido en el contenido de almendra sería también posible a través de la utilización de otros orígenes genéticos, como los evaluados en la serie 4. Por ejemplo, la introgresión del origen Tanzania dentro de la línea Deli dura (materiales Deli/Tanzania) permitiría combinar el alto potencial de producción de racimos del material Deli con la alta producción de almendra presente en el origen Tanzania. Además, para explotar adecuadamente la HCG, se pueden seleccionar palmas con buenos atributos de producción dentro de otras líneas masculinas, tales como La Mé e IR1039.

Cuadro 6. Porcentaje de almendra en el racimo en materiales de varios orígenes

Femenino	Origen masculino					
	AVROS	Calabar	Ekona	La Mé	IR1039	Mean
Deli	4	3.3	4.3	5.1	4.6	4.3
Deli/Angola		4.9	3.7	6.7	5.5	5.2
Deli/Ekona		4.6	3.4	6	5.1	4.8
Angola		4.6	4.2	6.2	5.1	5
Tanzania	6.7	6.2	6.1	8.6	7.8	7.1
Promedio	5.4	4.7	4.3	6.5	5.6	5.3

Recapitulando, hay dos formas de obtener un alto contenido de almendra en el racimo: a través del material convencional Deli x AVROS, con lo cual la ganancia en almendra puede ser modesta; o mediante el uso de cruces menos explotados comercialmente, pero que podrían aumentar de manera considerable la producción de almendra, tales con Tanzania x La Mé o Deli/Tanzania x La Mé.

Literatura

- BREURE , C.J.; BOS, I. 1992. Development of elite families in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Euphytica. 64:99-112.
- BREURE , C.J.; VERDOOREN, L.R. 1995. Guidelines for testing and selecting parent palms in oil palm. Practical aspects and statistical methods. ASD Oil Palm Papers. 9:1-68.
- FALCONER, D.S. 1960. Introduction to quantitative genetics. Oliver and Boyd, London. 365 p.
- HARTLEY, C.W.S. 1977. The Oil Palm. Longman Group, U.K. 806 p.
- OKWUAGWU, C.O. 1985. The genetic base of the NIFOR oil palm breeding programme. In Proc. Int. Workshop on Oil Palm Germplasm and Utilization. ISOPB, pp. 228-239.
- RICHARDSON, D.L.; CHAVES, C. 1986. Oil palm germplasm of Tanzania origin. Turrialba. 36:493-498.
- ROSENQUIST. E.A. 1985. The genetic base of oil palm breeding populations. Proc. Int. Workshop on Oil Palm Germplasm and Utilization. ISOPB, pp. 27-56.
- STERLING, F. 1998. Materiales de siembra de palma aceitera. Reporte interno. Informe bianual 1996-1997, Mejoramiento Genético. Programa de Investigación en Palma Aceitera, ASD de Costa Rica, pp 78-103.
- STERLING, F.; ALVARADO, A.; MONTOYA, C.; RICHARDSON, D.L. 1994. Testing and selecting parental oil palm trees using progeny testing procedures. In Proc. Inter. Seminar on the Oil Palm Planting Material. ISOPB, Barranquilla, Colombia.

Cuadro 1. Germinación promedio del polen en poblaciones derivadas de un híbrido interespecífico entre palma aceitera *Elaeis guineensis* y palma americana *Elaeis oleifera*

Población	E.g. (%)	E.o. (%)	n	Germinación (%)	D	Límite inferior	Límite superior
<i>E. guineensis</i>	100	0	27	61.8	20.6	55.1	70.3
Bx3	97	3	6	88.8	5.2	84.6	93.0
Bx2	94	6	16	84.1	13.3	77.6	90.6
Bx2F ₁	94	6	9	81.0	6.0	77.1	84.9
Bx1F ₁ xEg	94	6	9	88.3	7.5	83.4	93.2
Bx1	88	12	10	54.6	14.2	45.8	63.4
Bx1F ₁	88	12	6	73.2	16.7	59.8	86.6
Bx1F ₂	88	12	4	68.7	7.3	61.5	75.9
Bx0F ₁ xEg	88	12	10	73.3	13.8	64.7	81.9
Bx1F ₁ xBx1	88	12	7	70.5	11.7	61.8	79.2
Bx1F ₁ xBx0F ₁	81	19	10	67.7	12.7	59.8	75.6
OxG	50	50	4	6.2	4.2	2.1	10.3
Bx1xEo	44	56	8	9.5	2.9	7.5	11.5
Bolx1	38	62	5	6.1	1.1	5.2	7.0
<i>E. oleifera</i>	0	100	5	66.9	17.7	51.4	82.4

* = El origen de cada población aparece en la Fig. 2.

Eg (%) = Proporción genética de *E. guineensis* en la población

Eo (%) = Proporción genética de *E. oleifera* en la población

n = Tamaño de la muestra de inflorescencias

D = Desviación estándar

Límite inferior y superior = la media de la población cae entre los límites con un 95% de confianza

Al menos un día antes de que se iniciara la antéesis, las inflorescencias masculinas se encerraron dentro de una bolsa de poliéster, la cual se amarró con bandas de hule al pedúnculo, para evitar la contaminación por polen extraño. La inflorescencia se cortó cuando al menos un 50% de las flores estaban abiertas. El polen fue sacudido dentro de la bolsa y luego se pasó por un tamiz (100 "mesh") y se secó dentro de una cámara con sílica gel durante 18 horas a temperatura ambiente.

La germinación del polen se determinó siguiendo el método descrito por Turner y Gilbanks (1974). Se preparó un medio de cultivo con agar (1.2g) y sacarosa (11g) disueltos en 100 ml de agua destilada, el cual se hirvió durante 10 min. Se vertieron aproximadamente 5 ml de medio en platos Petri plásticos (5 cm de diámetro), y luego el polen seco fue espolvoreado sobre el medio con la ayuda de un aparato como el mostrado en la figura 1, lo cual logró una buena distribución

de los granos para facilitar el recuento. Los platos se taparon para mantener la humedad y se incubaron a 35°C durante dos horas, luego de lo cual se observaron en un microscopio a 100X de aumento. Los resultados se expresaron como porcentaje de germinación en una muestra de 250 gramos.

Resultados y discusión

Los granos de polen de *E. guineensis* y *E. oleifera* mostraron una alta germinación (61.8% y 66.9% respectivamente). La germinación en el híbrido OxG fue baja (6.2%) (Cuadro 1). Los retrocruces hacia *E. oleifera*, Bx1x *E. oleifera* y Bolx1, con una composición genética similar al híbrido, también mostraron una germinación baja (Fig. 2). Rajanaidu y Yap (1985) obtuvieron valores de 93.6% y 18.8% para la germinación del polen de *E. guineensis* y el híbrido respectivamente.

Las razones para la baja germinación del polen del híbrido interespecífico no son bien conocidas. Se sabe que ocasionalmente ocurre un apareamiento incompleto de los cromosomas, y que el polen puede ser liberado con dificultad debido a una malformación de las anteras. También se ha sugerido que existe degeneración del polen, lo cual ocurre entre las etapas de la meiosis y la antésis (Hardon y Tan, Y. 1969; Tan, Y. 1976; Arnaud 1979; Schwediman 1983).

El polen de poblaciones recurrentes hacia *E. guineensis* tuvo una germinación mayor al 50%. Los retrocruces Bx1, Bx2 y Bx3 tuvieron valores de 54.6%, 84.1% y 88.8% respectivamente (Cuadro 1).

Para las poblaciones Bx1F₁, Bx1F₂, que son autofecundaciones de los respectivos retrocruces, los valores fueron 73.2% y 68.7%, lo cual indica que la endogamia no tuvo un efecto negativo sobre la germinación del polen. Los porcentajes fueron similares entre los progenitores y la descendencia, lo cual implica que no hubo manifestación de genes recesivos indeseables.

Contrariamente a lo observado en las poblaciones anteriores, en aquellas recurrentes hacia *E. oleifera*, la germinación del polen fue menor al 10% (Fig. 2). Resultados similares fueron encontrados por Chavez (1989).

Se concluye que la viabilidad del polen no es un obstáculo para explotar comercialmente los híbridos OxG retrocruzados hacia *E. guineensis*.



Fig. 1. Pulverizador usado para aplicar el polen sobre el medio de cultivo en el plato petri.

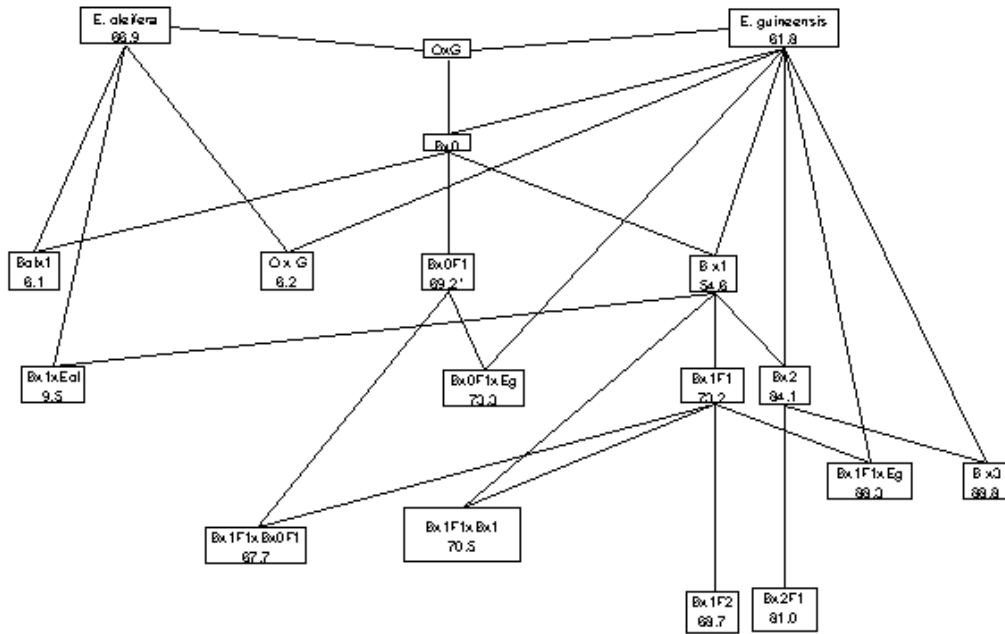


Fig. 2. Parentesco y germinación promedio del polen en poblaciones derivadas de un híbrido interespecífico entre palma aceitera *E.guineensis* y palma americana *E.oleífera*. Una sola línea en un cuadro indica autopolinización. El valor con asterisco se obtuvo de Chaves (1989). B x1,2,3 son los retrocruces del híbrido OxG natural hacia *E.guineensis*. F1,2 son la primera y segunda generación. Bol x 1 es el retrocruce de Bx0 hacia *E.oleífera*