

Una trampa efectiva para capturar adultos de *Opsiphanes cassina* F. (Lepidoptera; Nymphalidae) y observaciones sobre el comportamiento de la plaga en palma aceitera

Loría Ronny¹, Chinchilla Carlos², Dominguez José¹, Mexzón Ramón³

Resumen

Se describen varios experimentos en donde se prueba la eficiencia de una trampa sencilla para capturar adultos de *Opsiphanes cassina* en plantaciones de palma aceitera en Costa Rica. La trampa consiste en una bolsa plástica con un cebo alimentario (fermentado), la cual permite la entrada, pero no la salida de los adultos.

El uso de estas trampas ha permitido realizar estudios de campo para entender mejor el ciclo de vida del insecto, particularmente la dinámica de la población adulta.

Las capturas de los adultos de *O. cassina* en estas trampas puede ser una herramienta importante dentro de un esquema de manejo integrado de la plaga, ya que cuando las trampas son colocadas oportunamente, se logra eliminar una proporción muy alta de hembras que aún acarrear toda o parte de su carga de huevos. Estas prácticas, junto con el fortalecimiento del control biológico y un buen manejo agronómico de la plantación, pueden mantener a esta plaga por debajo del umbral económico. Actualmente la trampa descrita se usa comercialmente en Costa Rica.

Introducción

El lepidóptero *Opsiphanes cassina* es una plaga importante en el cultivo de la palma aceitera en América tropical (Genty et al. 1978; Chinchilla, 1993; Mexzón y Chinchilla, 1996). En Costa Rica se han presentado defoliaciones importantes en plantaciones localizadas en la costa pacífica.

Una población muy alta de larvas sanas en la hoja #17 de la palma, ha servido de guía para iniciar el combate de la plaga (Rhainds et al. 1993). Se han obtenido excelentes resultados con la aplicación de formulaciones comerciales de *Bacillus thuringiensis*. También se ha tratado de favorecer el crecimiento de la flora melífera en las áreas afectadas; la cual ofrece sitios de alimentación y refugio a los enemigos naturales.

La población del insecto puede ser regulada mediante la captura de las formas adultas en trampas de captura masiva, con un cebo alimentario y un insecticida. La trampa tradicional consiste en colocar frutas maduras envenenadas (banano, piña, melón, caña etc.) directamente en el suelo o

¹ ASD de Costa Rica. ² ASD de Costa Rica, cmlchinchilla@gmail.com. ³ Museo de Insectos, Fitotecnia, Univ. De Costa Rica

en algún recipiente. Las hembras, en particular, visitan estos cebos en busca de alimento (azúcares y compuestos nitrogenados) que les ayudan en la maduración de sus huevos.

La distribución de estos cebos en el campo es costosa, y es muy difícil documentar el impacto que tienen sobre la población del insecto. Esto último es, en parte, el resultado de la imposibilidad de contar los adultos que han sido eliminados, ya que muchos de ellos vuelan fuera de la trampa y mueren en los alrededores donde se pierden entre la vegetación, y son rápidamente comidos por hormigas y otros animales. Otro inconveniente de estas trampas es la necesidad de utilizar insecticidas en ellas, lo cual además del daño al ambiente, podrían también afectar algunos insectos parasitoides que visitan los cebos, otros animales, y aún niños que podría consumir la fruta aún fresca.

En este trabajo se describen varios experimentos de campo hechos para optimizar una trampa para adultos de *Opsiphanes cassina*. La trampa descrita es muy sencilla y barata de construir, permite cuantificar el número de insectos atrapados, y reduce las probabilidades de daño a la fauna benéfica ya que no utiliza insecticidas. Esta trampa fue utilizada para determinar varios aspectos importantes de la dinámica de la población adulta de la plaga.

Materiales y métodos

Diseño de las trampas. El diseño básico consiste en una bolsa plástica transparente de un metro de altura y 60 cm de ancho, y que es un desecho del recubrimiento interno de los sacos de fertilizante. En el interior de la bolsa se coloca el cebo, y el borde (boca), se enrolla un poco para que pueda colgarse de las bases peciolares de la palma y dejar una abertura bastante estrecha (Fig. 1). Las mariposas pueden entrar caminando, o bien doblar sus alas y dejarse caer hasta el cebo. Una vez dentro de la bolsa no la pueden abandonar, pues debido a su patrón de vuelo desordenado, chocan contra las paredes.



Fig. 1. Bolsa plástica usada como trampa para capturar adultos de *Opsiphanes cassina*. El cebo consiste en pedazos de caña de azúcar impregnados con melaza de caña. La eficiencia de la trampa se puede aumentar poniendo una mezcla de melaza y levadura en una botella plástica que lleva hoyos en la parte superior para dejar escapar los volátiles. La botella se cuelga de una base peciolar y se introduce en la bolsa.

Primer ensayo

El diseño básico de la trampa² se comparó con una modificación que consistió en colocar internamente una "cintura", hecha con un trozo de bambú de unos 10 cm de largo, que se sujetó con una cuerda exterior. La boca de la bolsa fue mantenida parcialmente abierta sujetando un aro de alambre colapsado en forma de ovalo. Originalmente las bolsas llevaban agujeros en el fondo para drenaje, los cuales fueron suprimidos en el siguiente ensayo, al comprobarse que esto afectaba negativamente la eficiencia de la trampa. Ambos tipos de trampas (diseño básico y modificado) se utilizaron a dos densidades (4 y 8 trampas/ha), y se probaron seis tipos de cebos alimentarios.

Las pruebas se realizaron durante los meses de setiembre y octubre de 1998 (estación de lluvias), después de una defoliación causada por las larvas. Las trampas fueron colocadas aproximadamente dos semanas después de que se había iniciado la emergencia de los primeros adultos. Se probaron seis tipos de cebos alimentarios:

1. caña de azúcar,
2. caña con melaza (100 ml),
3. caña con insecticida,
4. caña, melaza e insecticida,
5. melaza con levadura y
6. melaza con levadura e insecticida.

Se utilizó aproximadamente un kilogramo de trozos de caña de 15-20 cm de longitud, partidos longitudinalmente. Para los tratamientos con insecticida se sumergió el cebo durante tres horas en una suspensión de Carbaril (Sevin 80; 5 g/l).

Para el tratamiento con melaza y levadura, se mezclaron 100 ml de melaza con 15 g de levadura (Red Star™) en un vaso de plástico y se agitó vigorosamente para evitar que la levadura se endureciera en la superficie. El vaso se sujetó dentro de la bolsa trampa. Para los tratamientos que llevaban melaza e insecticida, la mezcla se agitó durante dos minutos y luego se colocó en los vasos de plástico o bien se aplicó sobre la caña. Todos los cebos fueron renovados cada dos semanas.

Los tratamientos se dispusieron como un arreglo de parcelas divididas en un diseño de bloques completos al azar. Las parcelas grandes fueron las dos densidades y las pequeñas los tipos de trampa y el tipo de cebo. La parte del ensayo con la densidad de 4 trampas/ha comprendió 12 ha, y la de 8 trampas/ha abarcó 8 ha. Las trampas se colocaron a aproximadamente 1.6 m de altura sobre los troncos de palmas.

² La idea original de esta trampa provino de observaciones hechas por un trabajador agrícola.



Fig.2. Larva, pupa y adulto macho de *Opsiphanes cassina*.

Los insectos atrapados se contaron cada dos o tres días. Los machos se separaron de las hembras por su menor tamaño, color más oscuro, abdomen puntiagudo (redondeado en las hembras), y por presentar dos marcas amarillas a ambos lados del abdomen, además de una vellosidad (penachos) sobre las alas anteriores (Fig. 2). Se notó además la presencia de huevos en las hembras. En forma complementaria se realizaron recuentos periódicos de la población de larvas y huevos en la hoja número 17, en una muestra de las palmas en el área de estudio. El análisis estadístico se hizo únicamente para los datos de los primeros trece días, periodo en que se obtuvieron las mayores capturas

Segundo ensayo

Se utilizó únicamente el diseño básico de la trampa y se omitieron los agujeros de drenaje. Se compararon cinco tipos de cebos alimentarios:

1. caña con melaza (30 ml de melaza asperjados sobre aproximadamente 1 Kg. de caña),
2. caña con melaza diluida (1l de melaza en 10l de agua, en donde se remojó la caña por una hora),
3. caña con melaza y levadura (5 g de levadura),
4. caña con levadura y
5. melaza con levadura (30 ml de melaza con 5 g de levadura mezclados y puestos en un vaso plástico).

Los tratamientos se ordenaron en un DBCA con 12 repeticiones, abarcando una área de 15 ha.

Durante el primer ciclo de emergencia de adultos se usó una densidad de cuatro trampas por hectárea, la cual fue reducida a la mitad durante el siguiente ciclo, cuando se utilizó como cebo únicamente la mezcla de melaza y levadura.

Los experimentos se realizaron en una plantación adulta de palma aceitera (16 años, Deli x AVROS), situada en el Pacífico sur de Costa Rica, y en una área que sufría ataques recurrentes de la plaga.

Resultados y discusión

Tipo de trampa y densidad de trampeo

El diseño básico es una mejor trampa que el modificado con un aro de metal en la boca y una cintura de bambú. El primer tipo de trampa capturó significativamente más insectos (48 412 vs. 41 913, $P= 0.05$) que el diseño modificado. Una razón para esto fue que muchas mariposas escaparon de la trampa a través del conducto del bambú. En el diseño básico, la bolsa permanece colapsada (la boca semi-abierta), y se permite la entrada de las mariposas, pero no su salida.

Una mayor densidad de trampas por hectárea (8 vs. 4) permitió aumentar significativamente el número de adultos capturados por área. La densidad de trampas por utilizar dependerá de la población de adultos esperada según la población de larvas en los últimos estadios y la sobrevivencia de las pupas. Con niveles muy altos de infestación, es mejor usar densidades altas, pero se pueden lograr resultados excelentes aún con una densidad de dos trampas por hectárea, cuando la población ha sido fuertemente reducida en el ciclo anterior. Esta fue la respuesta obtenida cuando la densidad de trampeo fue reducida de cuatro a dos durante la segunda emergencia observada durante el segundo ensayo.

Cebos

Existen diferencias significativas entre cebos (Figs. 3-4). El uso del insecticida puede obviarse, ya que no existen diferencias con respecto a los tratamientos sin insecticida. Mezclado con caña y melaza, el insecticida más bien parece tener un efecto repelente. El cebo compuesto por melaza y levadura fue superior a los demás, y tiene la ventaja de prepararse fácilmente y sus ingredientes pueden conseguirse con facilidad en el comercio. El uso de la caña requiere del mantenimiento de una parcela de este cultivo.

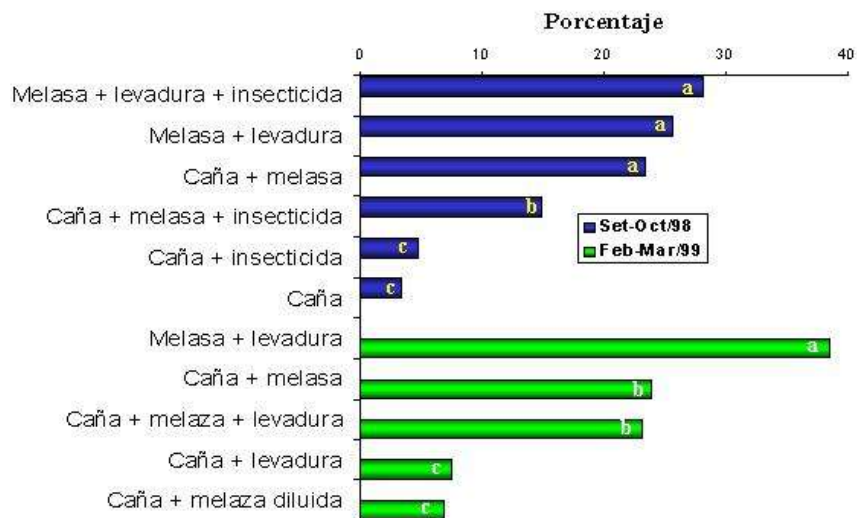


Fig. 3. Capturas de adultos de *Opsiphanes cassina* en trampas con diferentes tipos de cebos alimentarios. Coto, Costa Rica. Letras iguales indican diferencias no significativas.

El beneficio de las levaduras puede estar en que son fuentes de energía y de aminoácidos necesarios para la maduración de los huevos.

La condición de las trampas debe vigilarse frecuentemente. Los cebos deben mantenerse húmedos y cambiarse cada 8-10 días cuando dejan de ser efectivos. Es importante utilizar bolsas de buena calidad y cambiar las que estén rasgadas. Las bolsas que presentan huecos permiten el escape de jugos de los cebos, los cuales son utilizados por mariposas que se alimentan externamente y no entran a la trampa. La boca de la bolsa puede cerrarse e impedir la entrada de las mariposas particularmente durante lluvias fuertes.

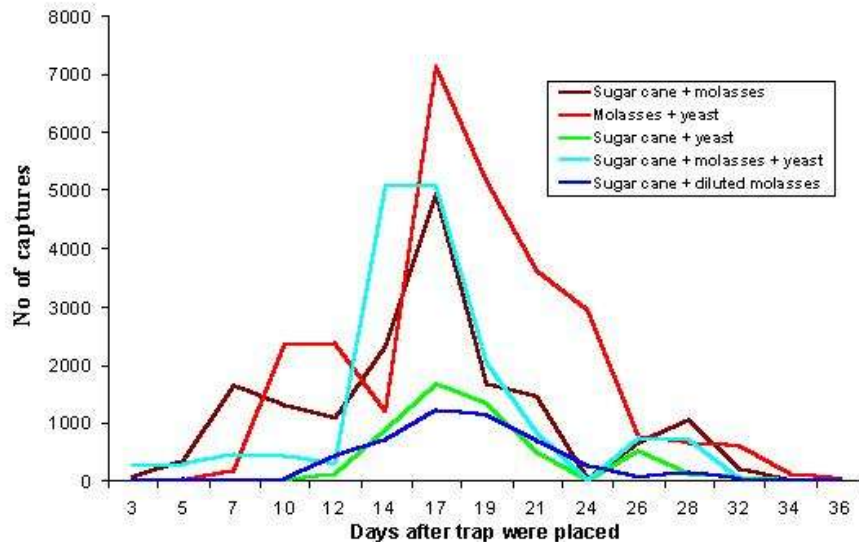


Fig. 4. Fluctuación en el número de capturas de *O. cassina* en trampas con cinco cebos alimentarios. Coto, Costa Rica. (Período: febrero-marzo, 1999).

El mejor cebo probado (melaza con levadura) necesita de un poco de humedad que permita una mejor fermentación, lo cual aumenta su eficiencia. En periodos secos, la pérdida de agua lo transforma en una pasta con poco poder atrayente.

De estos resultados es claro que existen muchas oportunidades para mejorar el diseño de las trampas y probar nuevos cebos, en particular, compuestos volátiles obtenidos de frutas en descomposición y que actúan como *kairomonas*. Una modificación exitosa del diseño se obtuvo, sustituyendo el vaso para la mezcla de levadura y melaza, por un envase plástico de medio litro de capacidad de los utilizados por las compañías de refrescos gaseosos. La liberación de los compuestos volátiles se logra haciendo agujeros pequeños en la parte superior. La botella tapada se cuelga con una cuerda de una base pectoral primero, y después se introduce dentro de la bolsa trampa. Este arreglo permite cambiar la bolsa plástica, sin necesidad de desechar el cebo, el cual puede durar por todo el ciclo de emergencia de los adultos del insecto ya que queda protegido de la lluvia.

Dinámica de la población de adultos

El periodo de actividad de los adultos de *O. cassina* es de 7-10 días, durante los cuales se deben alimentar, copular, y en el caso de las hembras, depositar sus huevos. La dinámica de la llegada de los adultos a las trampas se ilustra en las figuras 5 y 6. Un aspecto importante que resalta de estas figuras es que aparentemente la emergencia de los adultos no es simultánea en toda el área.

El periodo de emergencia de la población de pupas fue de aproximadamente un mes, y la máxima ocurrió hacia la mitad de este periodo. Este comportamiento fue claramente establecido en el segundo ensayo, cuando las trampas fueron colocadas antes de la emergencia de los primeros adultos (Fig. 7). En el primer ensayo, en donde las trampas fueron colocadas tardíamente, se observa principalmente la segunda parte del periodo de emergencia (Fig. 8).

Las dos primeras semanas de emergencia de los adultos representan el periodo crítico, durante el cual las trampas deberían de estar colocadas en el campo. Durante este periodo, una alta proporción (85-100%) de las hembras capturadas está cargada de huevos (Fig. 9). Este porcentaje disminuye hasta un 75% después de pasado el pico de capturas. La razón para este comportamiento no está clara, pero puede estar asociada al hecho de que durante las primeras semanas de emergencia, existe una predominancia de machos sobre las hembras (Fig. 10), lo cual aumenta las probabilidades de una hembra de ser fertilizada. Otra posible explicación para este comportamiento es que los machos de la especie necesiten más tiempo para madurar sexualmente. Ninguna de estas hipótesis fue demostrada en este estudio.

Conforme pasa el ciclo de emergencia de los adultos, la proporción entre machos y hembras se acerca a 1:1, e incluso puede invertirse en favor de las hembras. Este último comportamiento fue observado en el primer ensayo, cuando las trampas se colocaron tardíamente, y se encontró que la proporción de hembras capturadas con huevos fue menor. La menor proporción de hembras con huevos en la segunda fase de cada ciclo de emergencia, no puede explicarse enteramente asumiendo que son visitas tardías a las trampas, dado el corto periodo de longevidad del adulto.

El lapso entre dos ciclos consecutivos de emergencia de adultos fue de aproximadamente un mes: final de un ciclo e inicio del siguiente (Fig. 7), lo cual da un periodo de cerca de dos meses para el estado larval. Durante este periodo se debe seguir la evolución de la población de larvas y pupas para eventualmente iniciar el trampeo intensivo de los adultos. Algunas trampas colocadas en lugares estratégicos pueden permanecer permanentemente en el campo para detectar el inicio de la emergencia de los adultos.

Capturas de adultos en las trampas y recuento de la población en las etapas de huevo y larva en las hojas

Se observó una relación inversa entre la efectividad de cada cebo y la cantidad de huevos y larvas en las hojas de las palmas cercanas al lugar en donde se encontraba la trampa (Figs. 11-12). La mayor cantidad de posturas se observó dentro de las dos primeras semanas de emergencia de los adultos.

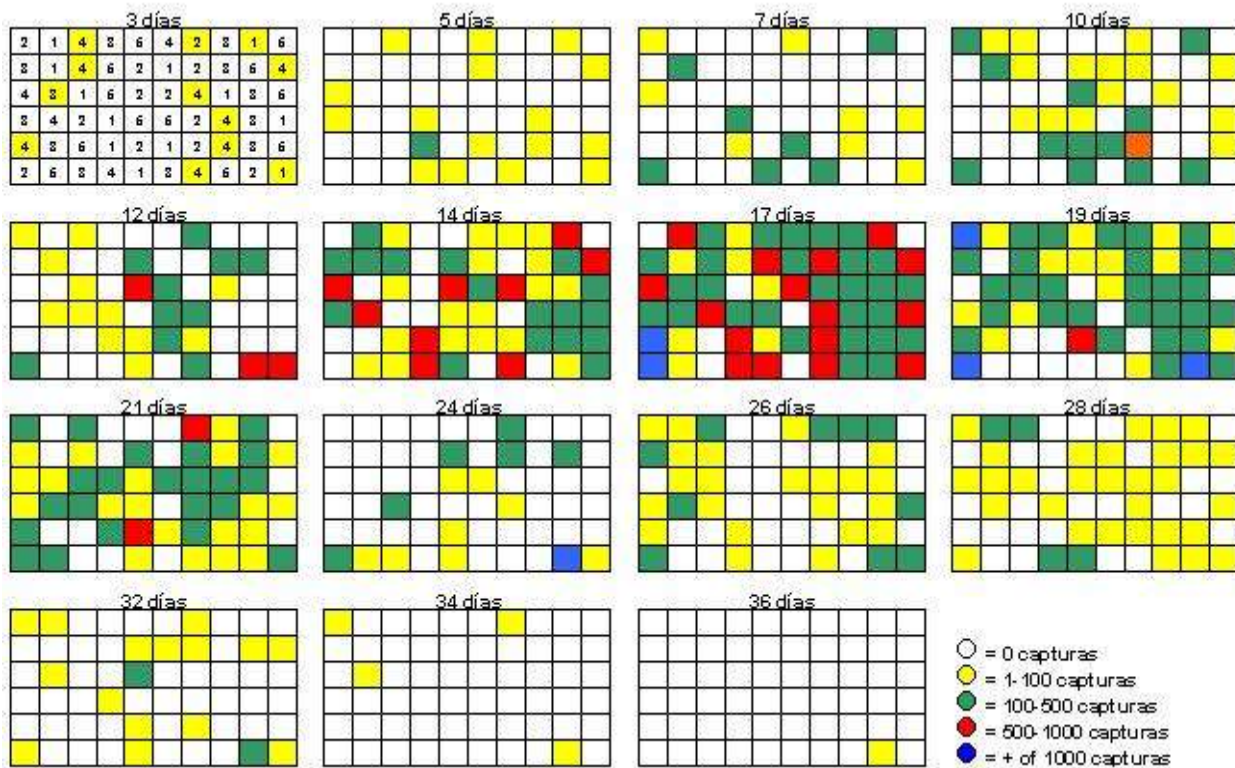


Fig. 5. Dinámica de la llegada y captura de adultos de *Opsiphanes cassina* en trampas colocadas en un área de aproximadamente 15 ha de palma aceitera (primer ciclo de emergencia de adultos).
 1 = Caña + melasa; 2 = melasa + levadura; 3 = caña + levadura; 4 = caña + melasa + levadura; 5 = caña + melasa diluida.

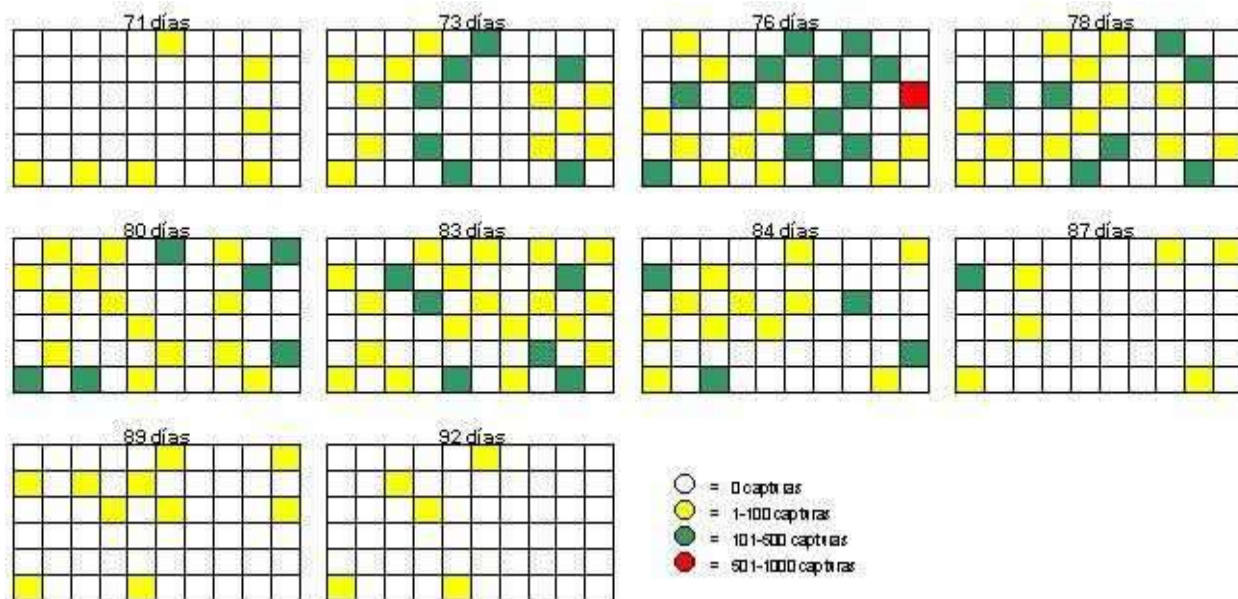


Fig. 6. Dinámica de la llegada y captura de de adultos de *O. cassina* en trampas colocadas en un arreglo de aproximadamente 15 ha de palma aceitera (segundo ciclo de emergencia de adultos).

El pico poblacional de larvas se observó unas cuatro semanas después de colocadas las trampas. Estas situaciones indican la importancia de iniciar el trampeo en forma temprana (con la emergencia de los primeros adultos o antes), de utilizar el cebo más eficiente disponible y de usar una densidad de trampas acorde con el tamaño de la población. Todo esto permitirá reducir la población del insecto que sobreviva para formar la siguiente generación.

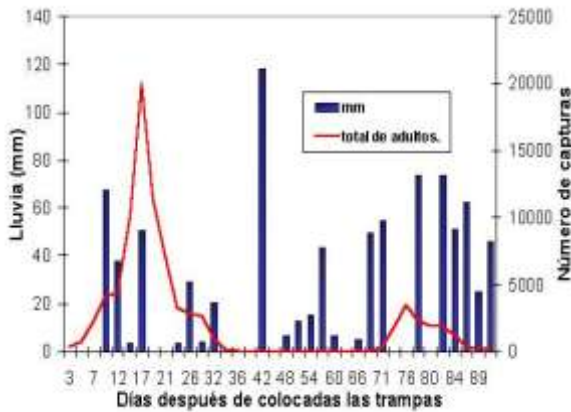


Fig. 7. Total de capturas de adultos de *Opsiphanes cassina* en un sistema de trampas colocado en 15 ha en una plantación de palma aceitera. Feb.-Mar. 1999.

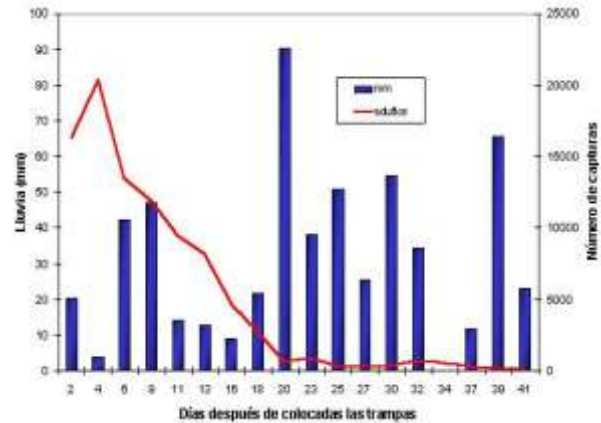


Fig. 8. Total de capturas de adultos de *Opsiphanes cassina* en un sistema de trampas colocado en 15 ha de una plantación adulta de palma aceitera. (Sept. Oct. 98). Barras son mm de lluvia

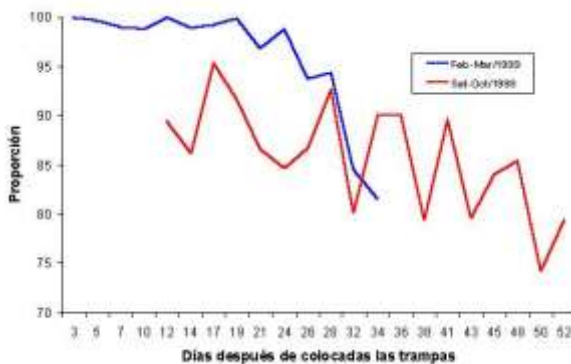


Fig. 9. Fluctuación en la proporción (%) de hembras de *Opsiphanes cassina* con carga de huevos que fueron capturadas en trampas. Durante el ciclo de emergencia en septiembre-octubre (línea roja), se estimó que las trampas se habían colocado aproximadamente 12 días después que la emergencia de adultos se había iniciado. La línea azul corresponde al periodo Feb.-Mar. 1999.

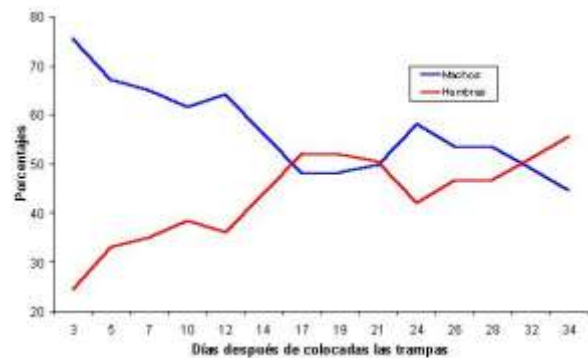


Fig. 10. Fluctuación en la proporción (%) de machos y hembras (línea roja) de *Opsiphanes cassina* capturados en un sistema de trampas colocadas en 15 ha en una plantación adulta de palma aceitera. Feb.-Mar. 1999.

La razón para la rápida caída en el tiempo en el número de huevos y larvas en las hojas (Figs. 11-12), se encuentra posiblemente en la depredación y el parasitismo natural que sufren estos primeros estadios del insecto. El periodo de eclosión de los huevos de *O. cassina* está entre cinco y quince días (Genty et al. 1978).

Después de aproximadamente dos meses de iniciados los recuentos, la población de larvas en la hoja 17 cayó a niveles no detectables en muchas de las hojas muestreadas, con lo cual se concluye que el parasitismo y depredación natural de huevos y larvas, más el trampeo de los adultos fue suficiente para reducir la población del defoliador a un nivel económicamente aceptable, al menos para las generaciones en estudio.

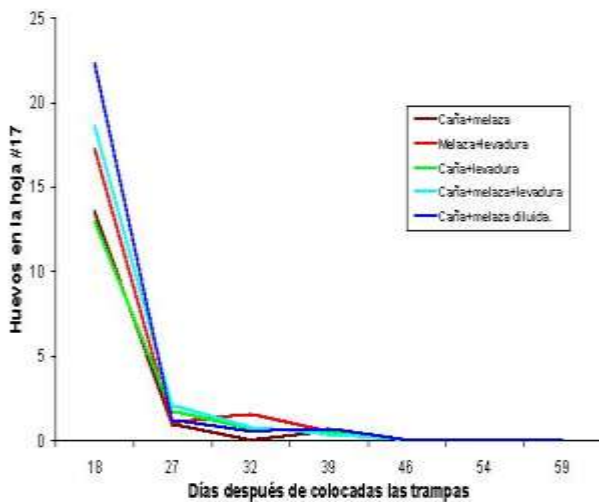


Fig. 11. Número promedio de huevos de *Opsiphanes cassina* depositados en la hoja No. 17 de palmas en la vecindad de las trampas para capturar adultos.

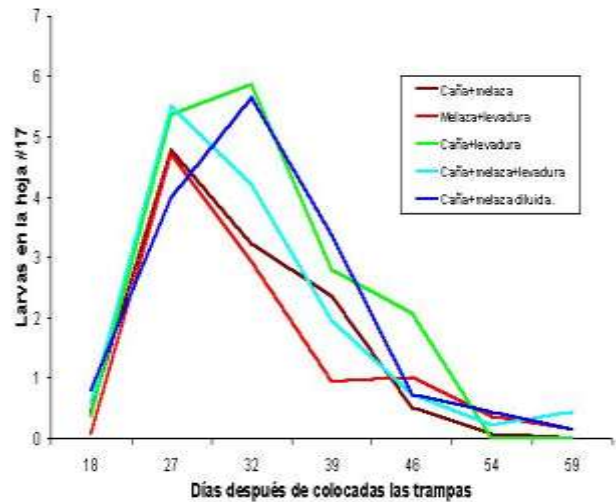


Fig. 12. Número promedio de larvas de *Opsiphanes cassina* en la hoja No. 17 de palmas en la vecindad donde se encontraban las trampas para capturar los adultos

Literatura citada

- Chinchilla, C. 1993. Fauna perjudicial en palma aceitera. ASD de Costa Rica, Costa Rica, pp. 13-20.
- Genty, P.; Desmier de Chenon, R.; Morin, J.P. 1978. Las plagas de la palma aceitera en América Latina. Oléaginéux (número especial). 33(7): 350-351.
- Mexzón, R.; Chinchilla, C. 1996. Enemigos naturales de los artrópodos perjudiciales en la palma aceitera en América Central. ASD Oil Palm Papers. 13: 9-33.
- Rhains, M.; Chinchilla, C.; Gries, G. 1993. Desarrollo de un método de muestreo para larvas de *Opsiphanes cassina* Feldes en palma aceitera. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica). 30:15-18.

Efecto del contenido de almendra sobre el ingreso económico en palma aceitera *Elaeis guineensis* Jacq.

Bulgarelli Juan¹, Sterling Francisco

Resumen

En teoría, un material genético con menos aceite en el racimo pero más almendra en el racimo podría resultar más lucrativo que otro con alto aceite pero baja almendra. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del contenido de almendra sobre el ingreso económico en palma aceitera. Deli x AVROS y Tanzania x AVROS permitieron observar, con datos reales, un ejemplo que se adaptó casi perfectamente al modelo citado, aunque el incremento del ingreso económico fue pequeño (11,785 frente a 11,688 US\$/100 t de RFF). Deli x La Mé y Tanzania x La Mé, así como Deli x Ekona y Tanzania x Ekona fueron ejemplos de cómo una disminución en el aceite se asoció con una reducción del ingreso económico. Deli x Ekona, el híbrido con más alto aceite y más baja almendra en el racimo, fue el que produjo el más alto ingreso económico (13,459 US\$/100 t de RFF). No se encontró evidencia en este estudio de que una alta almendra en el racimo estuviera relacionada con un elevado ingreso económico.

Introducción

La palma aceitera muestra variabilidad tanto en aceite como en almendra en el racimo. En general, los híbridos de madre Deli producen más aceite y menos almendra en el racimo que los Tanzania, mientras que, el aceite disminuye y la almendra aumenta cuando el padre cambia de Ekona a AVROS y a La Mé (Alvarado y Sterling, 1999). El rasgo almendra en el racimo posee alta heredabilidad (Sterling et al., 1994). Al haber variabilidad y heredabilidad es factible obtener, mediante cruces adecuados, un híbrido con alta almendra en el racimo. Un material genético con menos aceite pero más almendra en el racimo podría resultar más lucrativo que otro con alto aceite pero baja almendra (Hartley, 1983, Rajanaidu, 1998). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del contenido de almendra sobre el ingreso económico en palma aceitera.

Materiales y métodos

Los híbridos estudiados fueron Deli x AVROS, Deli x Ekona, Deli x La Mé, Tanzania x AVROS, Tanzania x Ekona y Tanzania x La Mé. Estos híbridos se sembraron en 1991 en la plantación experimental de ASD de Costa Rica S.A., localizada hacia el suroeste del país, cerca de la costa con el Océano Pacífico. El tamaño de muestra varió entre 17 y 37 racimos (8.5% de precisión y 95% de confiabilidad), aunque de cada híbrido se analizaron más racimos de los

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

indicados. Los racimos se cosecharon maduros una vez por semana, entre enero y junio de 1998, todos fueron *tenera*, sus componentes se midieron según el método de Blaak et al. (1963) y a partir de los porcentajes de aceite y almendra en el racimo se calculó el ingreso económico que se obtendría con 100 t de racimos de fruta fresca (RFF) de cada híbrido. En este estudio "aceite" significa "contenido de aceite" y esto es válido también para los otros componente del racimo.

Resultados y discusión

El modelo de Hartley

Un material genético con 26% de aceite y 6.50% de almendra en el racimo produce un ingreso económico menor que otro con 24% de aceite y 9.75% de almendra en el racimo (Hartley, 1983). Un análisis parecido al anterior también es citado por Rajanaidu et al. (1998).

Una forma sencilla de entender lo que ocurre en este ejemplo es expresar los componentes del racimo en porcentaje. Estos componentes son raquis, espigas, aceite, fibra, cáscara y almendra. Además, aceite más fibra en el racimo es igual a mesocarpio en el racimo. Los porcentajes de estos componentes, para los datos del ejemplo de Hartley, aparecen en el Cuadro 1. Se nota que el aceite baja 1.62 unidades y la fibra 1.63, es decir, 3.25 unidades en total, a la vez que la almendra sube precisamente 3.25, es decir, la disminución en mesocarpio se traduce íntegramente en un incremento de la almendra.

Cuadro 1. Ingreso económico en dos materiales de palma aceitera con diferente contenido de almendra en el racimo (Hartley, 1983)

Variable	Material A	Material B
Frutos en el racimo	65	65
Mesocarpio en el fruto	80	75
Cáscara en el fruto	10	10
Almendra en el fruto	10	15
Raquis + espigas en el racimo	35.00	35.00
Mesocarpio en el racimo	52.00	48.75
Aceite en el racimo	26.00	24.38
Fibra en el racimo	26.00	24.37
Cáscara en el racimo	6.50	6.50
Almendra en el racimo	6.50	9.75
Aceite de palma, 367 US\$ / t	9,542	8,947
Almendra, 263 US\$ / t	1,710	2,564
Total US\$ / 100 t de racimos	11,252	11,511

Aceite más fibra en el racimo es igual a mesocarpio en el racimo. Las cifras de raquis, espigas, mesocarpio, cáscara y almendra suman 100%. Precios según Rajanaidu et al. (1998)

Evaluación del modelo con datos reales

Deli x AVROS y Tanzania x AVROS mostraron cifras parecidas en las variables total de frutos en el racimo, mesocarpo, cáscara y almendra en el fruto y aceite en el mesocarpo, que es el requisito impuesto por el modelo de Hartley. Se nota que el aceite decreció de 28.5 a 27.2%, mientras que la almendra creció de 4.6 a 6.8%, es decir, el aceite se redujo 1.3 unidades y la fibra 1.6 (2.9 unidades en total), mientras que la almendra se incrementó 2.2. Estos híbridos se adaptaron al modelo aunque 0.7 unidades se distribuyeron en raquis, espigas y cáscara. Asumiendo US\$367 por tonelada de aceite y US\$263 por tonelada de almendra (Rajanaidu, 1998), Tanzania x AVROS produjo un ingreso económico mayor que Deli x AVROS (11,785 frente a 11,688 US\$/100t de RFF), tal como lo predice el modelo.

La mejora en el ingreso económico que se observó entre Deli x AVROS y Tanzania x AVROS fue pequeña porque las cifras de almendra fueron normales para un híbrido comercial. Un ingreso económico mayor solo sucederá cuando, manteniendo constantes las relaciones frutos a racimo, cáscara a fruto y aceite a mesocarpo, la almendra se incremente, por ejemplo, de 6.5 a 9.7%. La disminución en el aceite, que posee un precio más alto, se compensa ventajosamente con el aumento mayor en la almendra, que tiene un precio menor, es decir, se cambia precio por cantidad y entre más parecidos sean los precios del aceite y la almendra, mayor impacto habría sobre el ingreso económico.

Deli x La Mé y Tanzania x La Mé mostraron cifras diferentes de las variables total de frutos en el racimo, mesocarpo, cáscara y almendra en el fruto y aceite en el mesocarpo. Las 4.7 unidades que disminuyó el aceite junto con las 3.1 de la cáscara (7.8 unidades en total) se asociaron con el aumento de 4.7 en el raquis y las espigas, 1.1 unidades en la fibra y solo dos en la almendra (7.8 unidades en total). Tanzania x La Mé produjo un ingreso económico menor que Deli x La Mé (10,912 frente a 12,125), a pesar de que su almendra fue un tercio mayor (7.5 y 5.5%).

Deli x Ekona y Tanzania x Ekona también mostraron cifras diferentes en las variables total de frutos en el racimo, mesocarpo, cáscara y almendra en el fruto y aceite en el mesocarpo. Las 7.4 unidades que disminuyó el aceite y las 4.4 de la fibra (11.8 unidades en total) se relacionaron con un aumento de 6.0 en el raquis y las espigas, 3.8 unidades en la cáscara y solo 2 en la almendra (11.8 unidades en total). Ahora bien, Tanzania x Ekona produjo un ingreso económico mucho menor que Deli x Ekona (11,275 frente a 13,459), a pesar de que tenía más almendra en el racimo (5.3 y 3.3%).

El modelo de Hartley asume que la disminución del aceite (y la fibra) implica solo un incremento de la almendra, es decir, los demás componentes del racimo permanecen constantes. Deli x AVROS y Tanzania x AVROS permitieron observar, con datos reales, un ejemplo que se adaptó casi perfectamente al modelo de Hartley. No obstante, también se observó, y fue lo más frecuente, que la reducción en el aceite se relacionara con cambios en otros componentes del racimo, lo cual afectó negativamente el ingreso económico. Deli x La Mé y Tanzania x La Mé, así como Deli x Ekona y Tanzania x Ekona fueron ejemplos de lo anterior (Cuadro 2).

Cuadro 2. Ingreso económico en siete híbridos de palma aceitera con diferente contenido de almendra en el racimo

Variable	Deli	Tanzania	Deli	Tanzania	Deli	Tanzania
	x Ekona	x Ekona	x La Mé	x La Mé	x AVROS	x AVROS
Número de racimos analizados	51	61	28	31	82	63
Frutos en el racimo	70.7	65.0	71.3	66.8	67.0	66.6
Mesocarpio en el fruto	86.9	76.4	78.1	78.1	85.5	81.9
Cáscara en el fruto	8.2	14.7	14.0	10.3	7.3	7.4
Almendra en el fruto	5.0	8.9	8.0	11.6	7.2	10.7
Aceite en el mesocarpio fresco	55.8	54.3	52.2	46.7	49.8	49.8
Raquis + espigas en el racimo	29.5	35.5	28.8	33.5	33.2	33.8
Mesocarpio en el racimo	61.4	49.6	55.7	52.1	57.3	54.4
Aceite en el racimo	34.3	26.9	29.1	24.3	28.5	27.2
Fibra en el racimo	27.1	22.7	26.6	27.7	28.8	27.2
Cáscara en el racimo	5.8	9.6	10.0	6.9	4.9	5.0
Almendra en el racimo	3.3	5.3	5.5	7.5	4.6	6.8
Aceite de palma, 367 US\$ / t	12,591	9,885	10,667	8,930	10,472	9,985
Almendra, 263 US\$ / t	868	1,391	1,458	1,982	1,216	1,800
Total US\$ / 100 t de racimos	13,459	11,275	12,125	10,912	11,688	11,785
Respecto a Deli x AVROS	115	96	104	93	100	101

Los precios fueron tomados de Rajanaidu et al. (1998).

Influencia de la almendra en el ingreso económico

Hartley (1983) afirma que un material genético como el B (Cuadro 1) es bastante posible. Sin embargo, ninguno de los racimos con alta almendra analizados en este estudio produjeron ingresos económicos elevados. Al observar los datos de estos 316 racimos se encuentra que el aceite influye fuertemente en el ingreso total ($r^2=0.91$), mientras que la almendra no ($r^2=0.04$). Por otra parte, un 66% de las 32 plantas con las que se obtuvieron los mayores ingresos económicos eran Deli x Ekona, que es un híbrido con poca almendra (3.3% en promedio). Aún si este híbrido no se toma en cuenta, las restantes plantas también se distinguen por su alto aceite en el racimo y baja almendra (Cuadro 3). En conclusión, no se encontró evidencia en este estudio de que la alta almendra en el racimo estuviera relacionada con un elevado ingreso total.

Cuadro 3. Componentes del racimo (%) en las 32 plantas relacionadas con los mayores ingresos económicos (dólares por 100 toneladas de racimos de fruta fresca)

	Tanzania	Tanzania	Deli	Deli
	x	x	x	x
	Ekona	AVROS	AVROS	Ekona
n	1	7	3	21
Espigas + raquis	28.3	28.1	25.6	26.8
Aceite	33.6	34.8	37.0	37.9
Fibra	21.7	27.3	28.4	27.1
Cáscara	9.8	3.8	4.8	5.2
Almendra	6.6	6.0	4.2	3.1
Ingreso por aceite	12,319	12,781	13,595	13,915
Ingreso por almendra	1,738	1,579	1,097	817
Ingreso total	14,057	14,360	14,693	14,732