

Perspectiva bioecológica de *Elaeidobius kamerunicus* en relación con el llenado de frutos de palma de aceite en Indonesia*

Bio-ecological Perspective of *Elaeidobius kamerunicus* Related to Oil Palm Fruit Set in Indonesia



AGUS EKO PRASETYO

Instituto de Investigación en Palma de Aceite de Indonesia
Indonesian Oil Palm Research Institute (IOPRI)

AUTORES: Agus Eko Prasetyo, Indonesian Oil Palm Research Institute. Tjut Ahmad Perdana Rozziansha, Indonesian Oil Palm Research Institute. Hari Priwiratama, Indonesian Oil Palm Research Institute. Sri Wening, Indonesian Oil Palm Research Institute. Agus Susanto, Indonesian Oil Palm Research Institute. Roch Desmier de Chenon, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO).

CITACIÓN: Prasetyo, A. E., Perdana-Rozziansha, T. A., Priwiratama, H., Susanto, A., & De-Chenon, R. D. (2019). Perspectiva bioecológica de *Elaeidobius kamerunicus* en relación con el llenado de frutos de palma de aceite en Indonesia. *Palmas*, 40 (Especial Tomo I), 94-110.

PALABRAS CLAVE: *Elaeidobius kamerunicus*, bioecología, fruit set, técnica de incubación, transporte.

KEYWORDS: *Elaeidobius kamerunicus*, bioecology, fruit set, incubation technique, transport.

*Artículo original recibido en inglés y traducido por Carlos Arenas París.

Resumen

Desde su introducción a comienzos de 1983, *Elaeidobius kamerunicus* se ha convertido en el principal polinizador de la palma de aceite en Indonesia, siendo uno de los descubrimientos que impulsó el rápido desarrollo de la siembra de palma de aceite en los 90, que al día de hoy se ha expandido significativamente a más de 14 millones hectáreas en ese país. Luego de 30 años de su introducción, la población y agresividad de *E. kamerunicus* en algunas regiones ha disminuido, ocasionando una reducción en las cifras de productividad en las plantaciones afectadas. Por ello, en los últimos años se han venido adelantando varias investigaciones sobre la bioecología de *E. kamerunicus*. Respecto a los resultados, las técnicas de incubación y transporte, así como Kairomix, fueron diseñadas para aumentar la población y la agresividad del gorgojo a fin de minimizar el problema de formación de

fruit set en las plantaciones de palma de aceite. Adicionalmente, varias investigaciones han mostrado que la presencia de enemigos naturales, la aplicación de insecticidas, factores climáticos (temperatura, pluviosidad y periodos de sequía) y la ubicación geográfica de los cultivos son factores que afectan las dinámicas poblacionales de *E. kamerunicus*. Por otro lado, estudios sobre el comportamiento del gorgojo han demostrado que la hembra juega un papel importante en la determinación de la formación del *fruit set* de la palma de aceite. Actualmente, los investigadores son conscientes de la posibilidad de introducir otras especies, tales como *E. plagiatus* y *E. subvittatus*, con el objetivo de mantener las tasas de formación de *fruit set* en los cultivos de palma.

Abstract

Since introduced in the early 1983, *Elaeidobius kamerunicus* has becoming the main oil palm pollinator in Indonesia. It was one of the triggers of the rapid development of oil palm plantation in the 1990s, which has significantly expanded to more than 14 million hectares to date. Thirty years after introduction, the population and aggressiveness of *E. kamerunicus* in some regions have declined and thus caused low fruit set value in affected plantations. Ever since, various researches on the bio-ecology of *E. kamerunicus* had been carried out, particularly those related to the fruit set. As the results, hatch-carry technique and Kairomix were invented to increase the population as well as the aggressiveness of the weevil to minimize the fruit set problem. In addition, several researches showed that the population dynamics of *E. kamerunicus* was influenced by the presence of natural enemies, the use of pesticides, climatic factors (temperature, rainfall, and dry periods) and geo-location. On the other hand, research on the behavior of *E. kamerunicus* had demonstrated that the female weevil plays a major role in determining the oil palm fruit set. Researchers are now aware on the possibility to introduce another species such as *E. subvittatus* to maintain high oil palm fruit set.

Introducción

La palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) es el cultivo más importante en Indonesia, convirtiéndose en la mayor fuente de ingresos de moneda extranjera, superando el carbón y el petróleo (BPS, 2017). Actualmente, el área total de plantaciones de palma de aceite en este país es de más de 14 millones de hectáreas, lo que representa una producción de 37 millones de toneladas de aceite de palma crudo (Ditjenbun, 2017).

El rápido desarrollo de la agroindustria en Indonesia comenzó con la introducción del insecto polinizador de la palma de aceite, *Elaeidobius kamerunicus* Faust, desde África Occidental, en 1983 (Susanto *et al.*, 2007). Antes de esto, la polinización ocurría naturalmente por el viento e insectos nativos, como *Thrips hawaiiensis* o *Pyroderces* sp., resultando en racimos con un bajo llenado de frutos, con menos del 45 % de frutos desarrollados. Por lo tanto, la po-

linización asistida por humanos era necesaria para aumentarlo a un rango aceptable, particularmente durante los primeros cinco años de la maduración (De-Chenon, 2016). Después del éxito en Malasia, en 1982 finalmente se introdujo *E. kamerunicus* a Indonesia. Luego de una serie de evaluaciones del rango del hospedador (Hutauruk *et al.*, 1982), en 1983 se liberaron gorgojos polinizadores en varias plantaciones de Sumatra Septentrional.

Un año después de su introducción, la presencia de *E. kamerunicus* aumentó efectivamente el llenado de frutos de la palma de aceite entre 39 % y 80 % (De-Chenon, 2016). Desde entonces, se ha convertido en el principal polinizador de palma de aceite, evitando la necesidad de las costosas polinizaciones asistidas por el hombre (Sipayung & Lubis, 1987). En poco tiempo, se resolvió el problema y, por lo tanto, el estudio de *E. kamerunicus* se ha descuidado gradualmente. En la última década, sin embargo, ha habido

una reducción en el rendimiento de la palma de aceite en muchas plantaciones de Indonesia y, nuevamente, se sospecha que el problema de la polinización es uno de los factores que ha contribuido a esto (Prasetyo & Susanto, 2012a). Así se indicó a raíz de la ocurrencia de los llamados “buah landak” (“racimos espinosos”), un RFF con un llenado de frutos menor al 20 % a lo largo de Indonesia, especialmente en palmas maduras tempranas (Purba *et al.* 2016). Además del clima y la fisiología de la inflorescencia, la población y agresividad de los gorgojos *E. kamerunicus* son los factores que, sin duda, están afectando el desarrollo del llenado de frutos (Harahap *et al.*, 2013). Ahora, muchos investigadores se están concentrando en la bioecología de *E. kamerunicus* como uno de los enfoques para volver a la era dorada de la polinización natural.

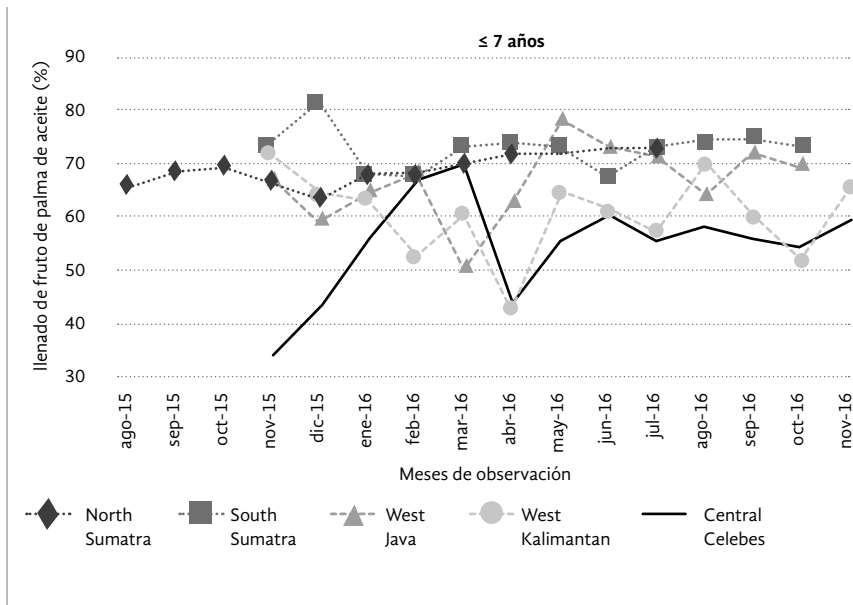
Dinámicas del llenado de frutos de palma de aceite en Indonesia

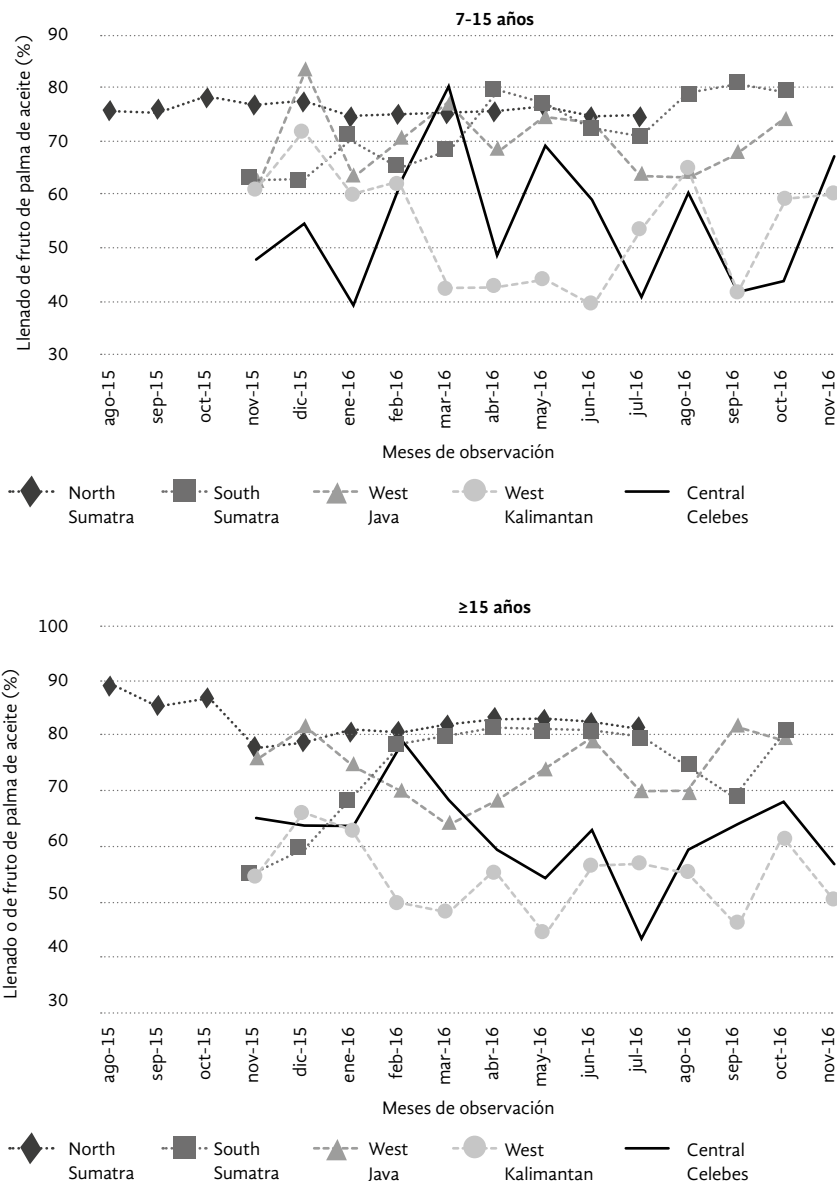
Indonesia es un país archipiélago con condiciones climáticas altamente diversas que afectan el desarrollo de *E. kamerunicus*. Por consiguiente, el valor del llenado de frutos puede variar entre plantaciones dependiendo de la agresividad del gorgojo polinizador en la región. Con base en nuestros registros de un censo de un año, el llenado de frutos suele ser más alto en Sumatra en comparación con Java, Célebes y

Borneo (Figura 1). Esto puede deberse a que las condiciones climáticas en Sumatra son más apropiadas para el desarrollo y agresividad del gorgojo.

Nuevas plantaciones de palma de aceite en Borneo y la Isla de Célebes están establecidas principalmente en tierras marginales, incluyendo tierras con suelo arenoso, turba y antiguas zonas de minería, lo que podría influir en la condición de *E. kamerunicus* (Subardja *et al.*, 2006). Un estudio reciente realizado en Borneo Central mostró que la palma de aceite en las áreas de turba y suelo arenoso tenían un menor valor de llenado de frutos en comparación con las plantadas en suelo mineral y que existía una correlación positiva con la baja población de *E. kamerunicus* en esas dos áreas (Lubis *et al.*, 2017). Otro factor que contribuye directamente a la baja población del gorgojo polinizador es el daño en la flor masculina después de la antesis debido al ataque de ratas (Purba *et al.*, 2013; Prasetyo y Susanto, 2014; Purba *et al.*, 2016). A pesar de la alta población de *E. kamerunicus* en Borneo, el bajo llenado de frutos continúa siendo un problema. Es probable que este esté relacionado con una reducción en la agresividad del gorgojo allí, en comparación con una disminución mucho menor en Sumatra Septentrional (Prasetyo & Susanto, 2012b; Prasetyo & Susanto, 2014; Lubis *et al.*, 2017).

Figura 1. Dinámicas del llenado de frutos de la palma de aceite en varias regiones de Sumatra, Java, Borneo y Célebes.





Continuación Figura 1. Dinámicas del llenado de frutos de la palma de aceite en varias regiones de Sumatra, Java, Borneo y Célebes.

Hoy en día, las plantaciones de palma de aceite se han expandido a varias islas en las que nunca antes se había plantado palma de aceite, como Ceram y Halmahera, donde se establecieron sin la posterior introducción del gorgojo polinizador, por lo que el llenado de frutos era muy bajo (entre 0,5 y 30 %). En 2013 y 2017, el Indonesian Oil Palm Research Institute (IOPRI) introdujo *E. kamerunicus* de Sumatra Septentrional a la Isla de Ceram y la Isla de Halmahera, respectivamente (Prasetyo y Susanto, 2016; Prasetyo *et al.*, 2018a). Desde entonces, el llenado de frutos ha aumentado a 50-75 %, indicando el papel esencial del gorgojo para el desarrollo de este cultivo.

Impacto de la aplicación de insecticida sobre el gorgojo polinizador

La aplicación no controlada de insecticida puede reducir la población de *E. kamerunicus* significativamente (Hutauruk *et al.*, 1985; Purba *et al.*, 2010). En una prueba de campo, varios insecticidas, tales como deltametrin, fipronil, acefato, lambda cihalotrin, clo-rantraniliprol, flubendiamida y *Bacillus thuringiensis*, fueron rociados directamente a inflorescencias masculinas en antesis con el fin de observar sus efectos sobre *E. kamerunicus*. El resultado mostró que todos,

excepto clorantraniliprol y flubendiamida, tenían un efecto adverso en las visitas del gorgojo a las inflorescencias. Dichas visitas se alteraron con la aspersión de los cinco insecticidas y comenzaron a recuperarse solo dos días después de la aplicación (Figura 2). En contraste, la actividad de alimentación y reproducción del gorgojo no se vio afectada por *B. thuringiensis*, así como por clorantraniliprol y flubendiamida, que fueron posteriormente clasificados como insecticidas de etiqueta verde. Esta investigación ilustra la necesidad de insecticidas selectivos en el control de las plagas de insectos en la palma de aceite.

Paralelamente, se realizaron ensayos in vivo con estos insecticidas. El resultado de las pruebas de campo con aspersión directa, particularmente deltametrin y fipronil, causó la muerte a *E. kamerunicus* pocos minutos después de la aplicación (Prasetyo *et al.*, 2013). En otros estudios, la mortalidad del gorgojo fue hasta del 100 % con la aplicación de metrifonato (Kok *et al.* 2010) y de menos del 100 % con tiociclam oxalato hidrógeno (Tuo *et al.*, 2011a), imidacloprid

(Hambal, 2009) e indoxacarb (Kok *et al.*, 2010). En contraste, *B. thuringiensis* no fue letal para el *E. kamerunicus* (Ahmad *et al.*, 2009, 2012; Prasetyo *et al.*, 2013). Los insecticidas sintéticos considerados como seguros para *E. kamerunicus* fueron solo clorantraniliprol (Kok *et al.*, 2010; Prasetyo *et al.*, 2013), flubendiamida (Prasetyo *et al.*, 2015a) y TMOF (Omar, 2011). Sin embargo, una reducción de hasta el 30 % en la población del gorgojo no influye en la polinización natural en el campo (Omar, 2011).

Si un insecticida causa o no una reducción significativa en la población del gorgojo depende del momento de su aplicación. Para verificarlo, contamos el número de gorgojos que emergen de inflorescencias masculinas tratadas con insecticidas 21 días después de la exposición. Los resultados mostraron que la aplicación entre el primer y el tercer día de la antesis causa un número significativamente inferior de gorgojos emergiendo de las inflorescencias tratadas, en comparación con las que fueron rociadas en el cuarto día de la antesis (Figura 3).

Figura 2. Visitas de *E. kamerunicus* a inflorescencia masculina en antesis después de la aplicación de insecticida.

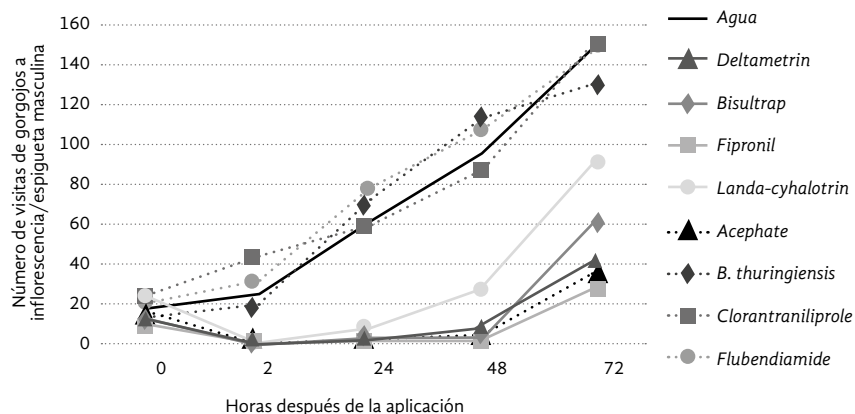
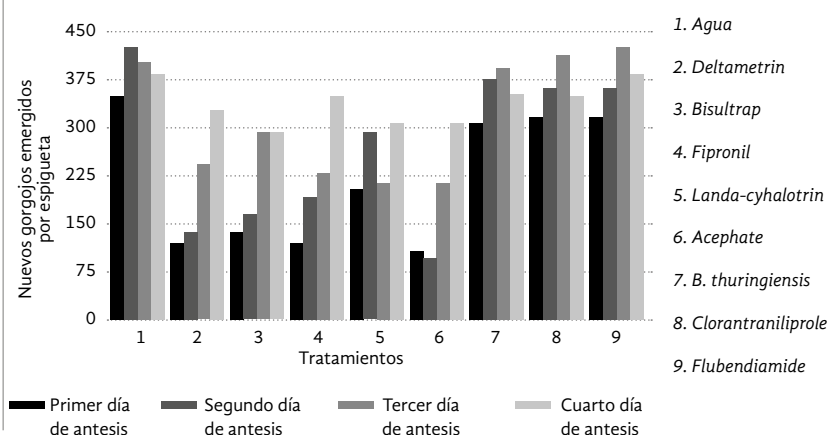


Figura 3. Emergencia de una nueva generación de gorgojos *E. kamerunicus* de espigeta masculina 21 días después de la exposición al insecticida.



En otra ocasión, realizamos una prueba de campo para observar la dinámica poblacional de *E. kamerunicus* bajo la aplicación frecuente de insecticida. Esta se llevó a cabo en intervalos de dos semanas durante nueve meses, en las que se observó una reducción significativa en la población de gorgojos y en las visitas a inflorescencias masculinas y femeninas durante el periodo de aplicación del insecticida, particularmente en bloques en los que se utilizó el sintético (Prasetyo & De-Chenon, 2018). En contraste, la población y actividad de *E. kamerunicus* no se vio afectada por la aplicación de *B. thuringiensis*. En consecuencia, el valor del llenado de frutos, el peso del racimo y el rendimiento de los RFF en bloques con aplicación de insecticida sintético fue menor en comparación con los que se usó *B. thuringiensis*.

Reducción en la agresividad del gorgojo polinizador

Pruebas anteriores in vivo mostraron que *E. kamerunicus* de Sumatra Septentrional era más agresivo al visitar flores femeninas en comparación con el de Borneo Central (Prasetyo y Susanto, 2012b). Con el fin de lograr un llenado de frutos del 75 %, se requieren al menos 144.000 gorgojos/hectárea en Borneo (Prasetyo & Susanto, 2012b), siete veces más que en Sumatra Septentrional. El resultado de la observación de campo concuerda con el ensayo in vivo (Prasetyo *et al.*, 2015b). Se hicieron esfuerzos para aumentar la agresividad del gorgojo en Borneo introduciendo *E. kamerunicus* de Sumatra Septentrional para que se aparearan entre sí

y, quizás, produjeran una nueva generación que fuera más agresiva. El llenado de frutos aumentó entre 5 y 16 % siete meses después de la introducción, pero volvió a reducirse tres meses después.

En 2015, cuando la niebla producida por incendios afectó muchas plantaciones en Sumatra y en Borneo durante un largo periodo, identificamos una reducción en la actividad de los gorgojos en las plantaciones afectadas (Prasetyo *et al.* 2016). La observación en campo mostró que las visitas a flores femeninas receptoras disminuían significativamente durante el periodo de la niebla, a pesar de tener una actividad normal en la flor masculina en antesis (Figura 4). Se demostró así el efecto adverso que la niebla ocasionada por los incendios tiene en las actividades de *E. kamerunicus*, que interrumpió aún más la polinización. Según lo esperado, el llenado de frutos en las plantaciones afectadas se redujo seis meses después del desastre; por ejemplo, se observó una disminución del 18,79 % en Borneo Central (Prasetyo *et al.*, 2016).

Biología del gorgojo polinizador 30 años después de su introducción

Consideramos que la reducción en los gorgojos de *E. kamerunicus* se debe a una depresión endogámica. En junio de 1980 se seleccionaron aproximadamente 2,000 pupas para ser transportadas de Camerún a Malasia. En Kuala Lumpur, este número se redujo a 1,044 y, después de una serie de procedimientos de crianza, solo 400 se desarrollaron con éxito en imago. Estos gorgojos fueron liberados en

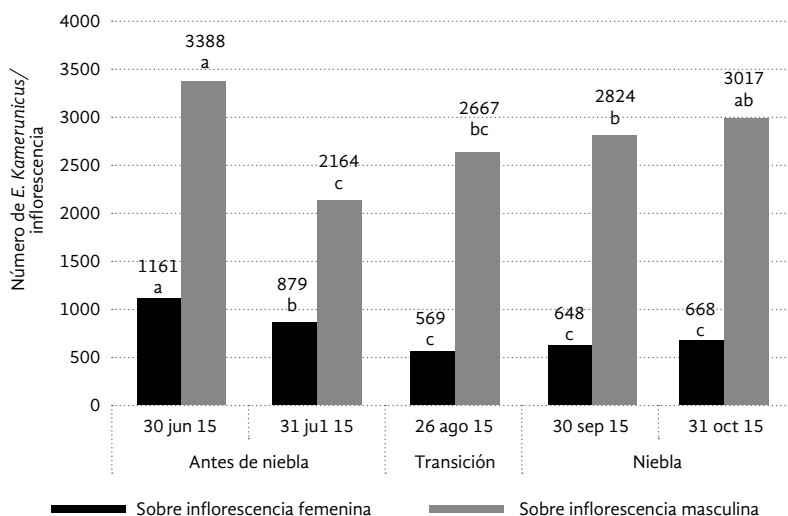


Figura 4. Número de gorgojos de *E. kamerunicus* en inflorescencias masculinas en antesis y femeninas receptoras (la misma letra bajo un número en la parte superior de la gráfica con polígonos del mismo control no muestra una diferencia mínima significativa con un nivel de confianza del 95 %).

dos sitios diferentes: en Malasia peninsular en febrero de 1981 y en Sabah un mes después (De-Chenon, 2016). Según Syed (1982) y Tuo *et al.* (2011b), *E. kamerunicus* completa su ciclo de vida en menos de dos semanas, lo que significa que el gorgojo actual en Malasia e Indonesia es la generación 1,000+, originada de los 400 gorgojos introducidos. Adicionalmente, se realizó un estudio sobre la biología de *E. kamerunicus* en dos sitios con una elevación distinta en Sumatra Septentrional: tierras bajas (< 200 msnm) y tierras altas (>800 msnm) (Rozziansha & Prasetyo, 2017). En total, el ciclo de vida de *E. kamerunicus* fue más largo en las tierras altas, aunque

la esperanza de vida del imago es más corta que en las tierras bajas (Tabla 1). Este último tiene un ciclo de vida similar al de África.

Con el fin de verificar si hay variaciones en la morfología del gorgojo 30 años después de su introducción en Indonesia, recolectamos muestras de 17 regiones esparcidas por las islas de Sumatra, Java, Borneo, Célebes y Papúa para ser analizadas. Medimos varios parámetros, incluyendo la dimensión (largo y ancho) del cuerpo, tórax, abdomen, cabeza y rostro. Los resultados evidenciaron variaciones morfológicas significativas en machos y hembras (Tabla 2 y 3).

Tabla 1. Ciclo de vida de *E. kamerunicus* en las tierras bajas y altas de Sumatra Septentrional, Fuente: Tuo *et al.* (2011b).

Etapas	Esperanza de vida de <i>Elaeidobius kamerunicus</i> (días)		
	En tierras bajas	En tierras altas	En África
Huevo	1,01 ± 0,02	2,50 ± 0,05	0,58 ± 0,06
Larva fase 1	1,05 ± 0,09	2,50 ± 0,06	1,24 ± 0,12
Larva fase 2	1,06 ± 0,11	5,02 ± 0,03	1,08 ± 0,10
Larva fase 3	4,82 ± 1,96	8,50 ± 0,12	4,96 ± 0,11
Pupa	2,35 ± 0,45	10,05 ± 0,03	2,03 ± 0,03
Imago (macho)	52,53 ± 5,82	10,78 ± 2,36	27,96 ± 2,99
Imago (hembra)	37,87 ± 4,79	15,72 ± 3,83	31,22 ± 12,43

Tabla 2. Parámetro morfológico de gorgojo de *E. kamerunicus* macho originario de 17 provincias de Indonesia.

Provincia	Morfología del gorgojo macho (mm)								
	Longitud cuerpo	Ancho cuerpo	Longitud tórax	Ancho tórax	Longitud abdomen	Longitud cabeza	Ancho cabeza	Longitud rostro	Ancho rostro
Aceh	3,98 gh	1,51 def	0,89 d	1,16 bc	1,16 bc	0,29 de	0,54 efgh	1,06 de	0,24 f
Sumatra Septentrional	3,84 fg	1,53 f	0,89 cd	1,22 de	1,22 de	0,32 e	0,56 i	0,99 bcd	0,23 cdef
Riau	3,52 bcd	1,39 a	0,83 abcd	1,24 def	1,24 def	0,17 a	0,52 bcde	0,96 abc	0,22 bcd
Sumatra Occidental	3,40 ab	1,37 a	0,81 ab	1,22 de	1,22 de	0,22 b	0,53 defg	0,93 abc	0,20 a
Bengkulu	3,31 a	1,38 a	0,77 a	1,08 a	1,08 a	0,26 cd	0,49 a	0,91 a	0,23 cdef
Sumatra Meridional	3,58 cd	1,47 bcde	0,85 abcd	1,08 a	1,08 a	0,30 e	0,51 abcd	0,95 abc	0,23 cdef
Bangka-Belitung	3,90 fg	1,46 bc	0,89 d	1,29 gh	1,28 gh	0,20 ab	0,52 bcde	0,95 abc	0,21 bc

Continúa →

Continuación Tabla 2. Parámetro morfológico de gorgojo de *E. kamerunicus* macho originario de 17 provincias de Indonesia.

Provincia	Morfología del gorgojo macho (mm)								
	Longitud cuerpo	Ancho cuerpo	Longitud tórax	Ancho tórax	Longitud abdomen	Longitud cabeza	Ancho cabeza	Longitud rostro	Ancho rostro
Lampung	4,09 h	1,51 ef	0,84 abcd	1,31 hi	1,31 hi	0,17 a	0,55 ghi	0,99 cd	0,23 ef
Bantén	3,40 ab	1,37 a	0,82 abcd	1,19 cd	1,19 cd	0,19 ab	0,49 a	0,94 abc	0,19 a
Java Occidental	3,50 bc	1,38 a	0,81 abc	1,22 de	1,22 de	0,19 ab	0,51 bc	1,04 de	0,21 ab
Borneo Occidental	3,84 fg	1,48 bcde	0,88 bcd	1,33 i	1,33 i	0,19 ab	0,55 hi	1,06 de	0,23 cdef
Borneo Central	3,66 de	1,44 b	0,86 bcd	1,28 fgh	1,28 fgh	0,19 ab	0,54 fgh	1,07 e	0,23 def
Borneo Oriental	3,63 cd	1,45 b	0,84 abcd	1,25 efg	1,25 efg	0,19 ab	0,54 efg	0,99 cd	0,22 bcd
Borneo Meridional	3,86 fg	1,49 cdef	0,85 bcd	1,13 b	1,13 b	0,26 cd	0,51 abcd	0,94 abc	0,23 cdef
Célebes Central	3,60 cd	1,40 a	0,85 abcd	1,24 def	1,24 def	0,20 ab	0,53 cdef	1,00 cd	0,21 ab
Célebes Suroriental	3,77 ef	1,47 bcd	0,85 bcd	1,25 efg	1,25 efg	0,23 bc	0,53 cdef	0,92 ab	0,23 cdef
Papúa	3,87 fg	1,40 a	0,86 bcd	1,13 b	1,14 b	0,28 de	0,52 bcde	0,94 abc	0,24 f

Nota: las letras debajo de cada número muestran una diferencia significativa entre los tratamientos con el test de Duncan con un nivel de significación del 95 %.

Tabla 3. Parámetro morfológico de gorgojo de *E. kamerunicus* hembra originario de 17 provincias de Indonesia.

Provincia	Morfología del gorgojo hembra (mm)								
	Longitud cuerpo	Ancho cuerpo	Longitud tórax	Ancho tórax	Longitud abdomen	Longitud cabeza	Ancho cabeza	Longitud rostro	Ancho rostro
Aceh	3,52 afgh	1,29 ef	0,75 def	1,02 bcd	2,01 d	0,25 de	0,52 d	1,36 f	0,19 ab
Sumatra Septentrional	3,19 bc	1,36 g	0,76 ef	0,97 abc	2,13 e	0,28 e	0,52 d	1,48 g	0,20 bc
Riau	3,28 bcd	1,18 a	0,67 a	1,01 bcd	1,81 ab	0,20 abcd	0,49 b	1,19 ab	0,17 ab
Sumatra Occidental	3,26 bcd	1,24 bcd	0,72 abcde	1,02 bcde	1,86 abc	0,19 abcd	0,51 cd	1,34 ef	0,18 ab
Bengkulu	2,88 a	1,19 ab	0,68 ab	0,91 a	1,86 abc	0,19 abcd	0,46 a	1,15 a	0,19 ab
Sumatra Meridional	3,35 cde	1,24 cde	0,71 abcde	0,90 a	1,84 abc	0,04 bcd	0,45 a	1,31 def	0,19 ab
Bangka-Belitung	3,55 fghi	1,20 abc	0,69 abc	1,00 bcd	1,83 abc	0,23 bcde	0,45 a	1,19 ab	0,17 a
Lampung	3,70 i	1,26 de	0,71 abcd	1,10 e	1,90 bc	0,14 a	0,50 bcd	1,25 bcd	0,18 ab

Continúa →

Continuación Tabla 3. Parámetro morfológico de gorgojo de *E. kamerunicus* hembra originario de 17 provincias de Indonesia.

Provincia	Morfología del gorgojo hembra (mm)								
	Longitud cuerpo	Ancho cuerpo	Longitud tórax	Ancho tórax	Longitud abdomen	Longitud cabeza	Ancho cabeza	Longitud rostro	Ancho rostro
Bantén	3,34 cde	1,19 abc	0,74 cdef	0,97 abc	1,86 abc	0,15 a	0,48 b	1,27 d	0,17 a
Java Occidental	3,37 cde	1,21 abcd	0,70 abcd	0,99 bcd	1,77 a	0,16 ab	0,49 bc	1,29 de	0,17 a
Borneo Occidental	3,51 efg	1,24 bcd	0,72 abcde	1,07 de	1,91 bc	0,18 ab	0,50 bcd	1,28 de	0,23 d
Borneo Central	3,37 cde	1,25 cde	0,73 abcdef	1,05 cde	1,93 cd	0,17 ab	0,52 d	1,31 def	0,22 cd
Borneo Oriental	3,25 bcd	1,21 abcd	0,73 bcdef	1,01 bcd	1,84 abc	0,15 a	0,50 bcd	1,31 def	0,18 ab
Borneo Meridional	3,68 gi	1,31 f	0,74 bcdef	0,96 ab	1,92 cd	0,19 abcd	0,49 bc	1,31 def	0,19 ab
Célebes Central	3,14 b	1,19 ab	0,77 f	1,07 de	1,84 abc	0,19 abc	0,48 b	1,27 d	0,17 ab
Célebes Suroriental	3,33 cde	1,21 abcd	0,70 abc	1,01 bcd	1,85 abc	0,18 ab	0,49 bc	1,20 abc	0,17 ab
Papúa	3,40 def	1,26 de	0,73 bcdef	0,91 a	1,93 cd	0,25 cde	0,49 bc	1,26 cd	0,19 ab

Nota: las letras debajo de cada número muestran una diferencia significativa entre los tratamientos con el test de Duncan con un nivel de significación del 95 %.

Prasetyo & Susanto (2014) reportaron la posibilidad de diversidad genérica en especímenes de *E. kamerunicus* de regiones de Indonesia extrayendo el ADN genómico de 65 especies y siguiendo el método optimizado descrito por Wening *et al.* (2016) para realizar más análisis de ADN. Posteriormente, aplicaron la técnica de polimorfismos en la longitud de fragmentos amplificados (AFLP, por sus siglas en inglés) con un protocolo modificado por Vos *et al.* (1995) según lo descrito en Ningrum *et al.* (2014), utilizando seis combinaciones de partidores. Se construyó un análisis usando UPGMA, agrupamiento pareado no ponderado con media aritmética por MEGA, versión 6 (Tamura *et al.* 2013).

En general, se agruparon los gorgojos en dos grupos, independientemente de la región en la que fueron recolectados. El grupo utilizado para la caracterización de ADN no fue diferenciado entre macho y hembra. Por lo tanto, no se consideró la diferencia

característica que puede existir entre estos, aunque potencialmente podría influir en el resultado. Se continuará, entonces, el estudio sobre la caracterización molecular de *E. kamerunicus*. También se realizó la caracterización de *E. kamerunicus* de diferentes áreas en Sumatra Septentrional (Prasetyo *et al.* 2017) utilizando un protocolo similar al del estudio anterior.

La función de *E. kamerunicus* como polinizador de la palma

Hemos abordado las diferencias en las características morfológicas entre el *E. kamerunicus* macho y hembra. El macho tiene un tamaño mayor (Tablas 2 y 3) y posee un cuerpo peludo que les permite llevar más polen (Dhilleepan, 1992); este es capaz de transportar 698 granos polen, mientras que la hembra solo 293 (Permana *et al.* 2017). A pesar de esto, el número de gorgojos hembra que visitan inflorescencias femeni-

nas receptivas es entre dos y cuatro veces mayor que el del macho (Prasetyo y Susanto, 2012a), Esto podría ser un indicio de que la función del gorgojo hembra en polinizaciones lo supera,

Para demostrarlo, realizamos un estudio sobre los efectos de diferentes composiciones de gorgojos en el llenado de frutos de la palma de aceite. Nueve inflorescencias femeninas receptivas fueron tratadas con la liberación de: i) 250 gorgojos macho/inflorescencias, ii) 250 gorgojos hembra/inflorescencias, y iii) 125 gorgojos macho y hembra por inflorescencia. Antes de su liberación, se les roció un polen altamente viable (>80 %). Cinco meses después, se contó el llenado de frutos de racimos desarrollados utilizando un método de nueve cuadrantes, Las espiguetas fueron removidas del pedúnculo y se agruparon con base en la posición del racimo: parte superior, media y basal, Posteriormente, se hizo lo mismo con los frutos de los pedúnculos y, una vez más, se agruparon con base en su posición: fruto externo, medio e interior. Por último, se contó el número de frutos desarrollados y partenocárpicos.

En general, el llenado de frutos más alto se desarrolló en la parte externa del racimo, mientras que en la parte interior tuvo el menor valor. Todos los racimos que fueron polinizados únicamente por gorgojos hembra presentaron el mayor valor de llenado de frutos en cada sección del racimo (Tabla 4), Sorprendentemente, el de las partes interiores superó las expectativas, indicando que la hembra se mueve activamente hacia la región interior del racimo, La razón aún no es clara.

El peso total del racimo coincide con el valor del llenado de frutos. Tal y como se esperaba, los racimos tratados con gorgojos hembra tenían el mayor peso, seguido de los racimos tratados con gorgojos macho y hembra (Tabla 5). El menor peso del racimo en los tratados con machos se debe principalmente a frutos menos desarrollados, particularmente en la región interna y la parte basal del mismo. Los resultados sugieren que la hembra de *E. kamerunicus* juega un mayor papel en el llenado de frutos de la palma de aceite (Prasetyo & De-Chenon, 2018).

Tabla 4. El llenado de frutos promedio en diferentes partes del racimo de la palma de aceite polinizado con gorgojos macho y hembra.

Tratamiento (gorgojos)		Llenado de frutos en nueve cuadrantes (%)								
		Pedúnculo superior			Pedúnculo medio			Pedúnculo basal		
Macho	Hembra	Fruto externo	Fruto medio	Fruto interior	Fruto externo	Fruto medio	Fruto interior	Fruto externo	Fruto medio	Fruto interior
250	0	61,39	38,14	10,33	74,59	47,24	17,70	67,05	28,81	13,23
0	250	79,06	85,42	74,62	85,64	78,71	73,63	92,89	87,19	62,77
125	125	75,93	56,17	49,85	68,43	68,33	74,86	63,33	72,00	53,44
0	0	0,12	0,07	0,08	0,05	0,11	0,06	0,07	0,01	0,02

Tabla 5. Llenado de frutos promedio, frutos por racimo y peso del racimo de palma de aceite tratados con gorgojos macho y hembra.

Tratamiento (gorgojos)		Llenado de frutos	Frutos por racimo	Peso del racimo
Macho	Hembra	%	%	kg
250	0	41,01 c	43,60 c	17,37 c
0	250	78,97 a	61,28 a	23,62 a
125	125	64,92 b	56,67 b	21,44 b
0	0	0,06 d	0,02 d	6,25 d

Nota: las diferentes letras en la misma columna muestran una diferencia significativa entre los tratamientos con el test de Duncan con un nivel de significación del 95 %.

Visitas de *E. kamerunicus* a flores masculinas y femeninas de varios germoplasmas de palma de aceite

De las dos especies de palma de aceite, *E. guineensis* es la única que se siembra comercialmente en Indonesia. La otra, *E. oleifera*, no se ha comercializado a pesar de la calidad superior del aceite y su resistencia a las enfermedades. Sin embargo, *E. oleifera* ha sido una parte integral de los programas de reproducción para mejorar la calidad del aceite y la resistencia de los materiales de siembra recientes en Indonesia (Purba *et al.*, 2009). Varias progenies que resultaron del programa han sido sembradas en el campo y ahora están floreciendo. La investigación de campo sobre la visita de *E. kamerunicus* a flores masculinas y femeninas se realizó en ocho germoplasmas de palma de aceite, incluyendo *E. oleifera* y sus retrocruzamientos.

Los resultados mostraron que la palma de aceite *E. guineensis* es altamente atractiva para *E. kamerunicus*, según lo indica una mayor visita del gorgojo (Figuras 6 y 7). Entre tanto, en el material de siembra resultante del segundo retrocruzamiento *E. guineensis* x *E. oleifera* (BC-2), así como en el clon del primer retrocruzamiento E,o x E,g (BC-1), la presencia de *E. kamerunicus* es menor que en el cruzamiento *E. guineensis*, demostrando que estos materiales son menos atractivos para el gorgojo. En contraste, no se observaron acercamientos de *E. kamerunicus* a las flores masculinas y femeninas de *E. oleifera*. Las mayores visitas de gorgojos a las flores masculinas en inflorescencia se dieron en la palma de aceite de Angola, pero no sobre su flor femenina receptiva (Figura 7). En esta última, fueron mayores en el cruce DxP y DxT de *E. guineensis* respecto a BC-1 y BC-2, por lo que quizás las menores visitas de gorgojos se deben a que las progenies continúan heredando varias de las característi-

Figura 6. Número de gorgojos macho y hembra de *E. kamerunicus* que visitaron la flor masculina en antesis de diferentes progenies de palma de aceite.

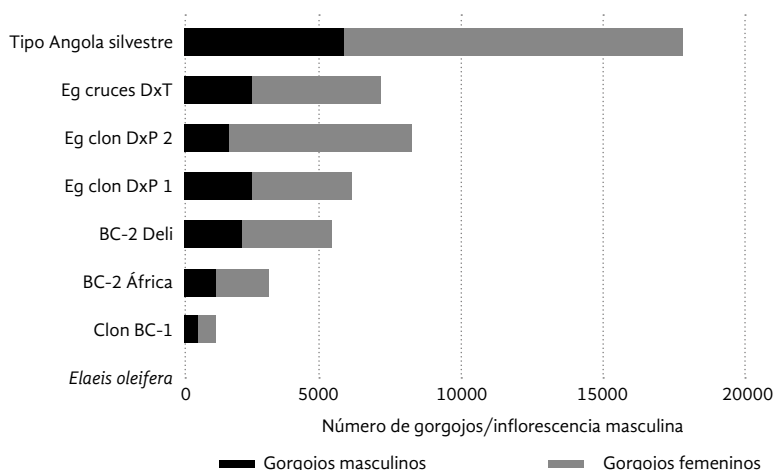
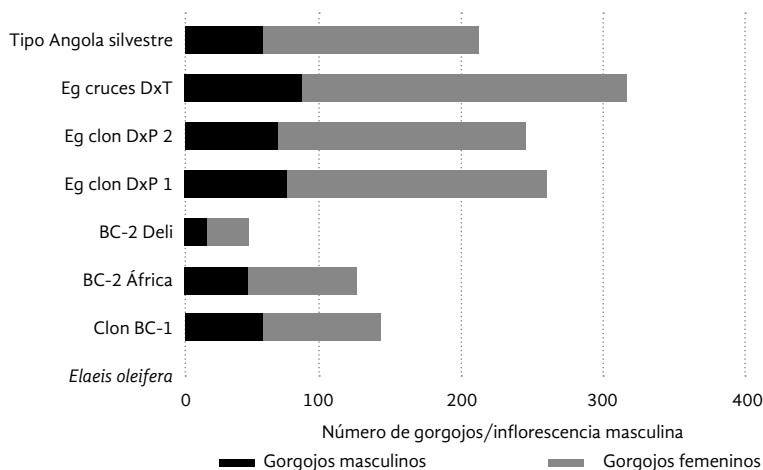


Figura 7. Número de gorgojos macho y hembra de *E. kamerunicus* que visitan la flor femenina receptiva de diferentes progenies de palma de aceite.



cas de *E. oleifera*. Este resultado está en línea con los reportados por Tan (1985), en los que el híbrido de *E. guineensis* x *E. oleifera* es menos atractivo para el gorgojo polinizador. Por lo tanto, si *E. kamerunicus* se presenta como el único polinizador, los criadores e investigadores deben encontrar una manera para hacer que las flores de estos materiales se vuelvan más llamativas para el escarabajo, por ejemplo a través de otros programas de reproducción, encontrando un atrayente que no interfiera con la polinización o introduciendo un nuevo insecto polinizador.

Grasidius hybridus es un insecto polinizador que suele encontrarse en *E. olifera* (Auffray *et al.* 2017). La observación de campo en Ecuador mostró que *G. hybridus* es más activo en las tardes, mientras que *E. kamerunicus* lo es en las mañanas. Por otra parte, *E. kamerunicus*, *E. subvittatus* y *Mystrops costaricensis* todavía tienen una oportunidad similar de superar el problema del bajo llenado de frutos en el híbrido OxG, un material de siembra resistente contra la enfermedad de Pudrición del cogollo (Meléndez & Ponce, 2016).

Enfoques para aumentar el llenado de frutos en la plantación de palma de aceite

Existen varias técnicas que han sido introducidas por IOPRI con el fin de aumentar el llenado de fru-

tos de la palma de aceite en Indonesia. El sistema de incubación, un método para elevar la población de *E. kamerunicus* a través de la introducción de inflorescencias masculinas posantesis, es capaz de incrementar el llenado de frutos en la palma de aceite madura temprana en 30,11 % (Arianto *et al.*, 2013), pero no es efectiva en la palma de aceite con una alta proporción de sexos (Figura 8). Se han realizado esfuerzos para mejorar el sistema mediante la aspersión directa de polen a los gorgojos que emergen de inflorescencias posantesis, los cuales han mostrado que el método mejorado, conocido como el sistema de incubación y transporte (Figura 9), ha permitido incrementar el llenado de frutos entre 22,09 y 31,13 % (Prasetyo *et al.*, 2014). Sin embargo, este requiere supervisión intensiva, por lo que en la mayoría de los casos su aplicación a gran escala solo es efectiva en el corto plazo debido a inconsistencias en el control. Este método fue modificado para que su aplicación y supervisión resultaran más fáciles, recibiendo el nombre de incubación y transporte móvil (Figura 10), puesto que la caja de incubación ya no se ubica en el campo sino en grupo cerca de la oficina de la finca. En la madrugada, el supervisor recoge la bolsa de gorgojos y la distribuye en los cosechadores antes de salir de la oficina. Posteriormente, el cosechador los libera en el bloque de siembra que se está cosechando. La implementación de esta técnica móvil logró aumentar el llenado de frutos entre 16,09 y 26,69 %.

Figura 8. Sistema de incubadora.



Figura 9. Sistema de incubación y transporte.



Figura 10. Sistema de incubación y transporte móvil.



Desafíos a futuro

La deforestación y los problemas ambientales inhibirán la expansión de los cultivos de palma de aceite, particularmente en Indonesia. Por lo tanto, la creación de un material de siembra de alto rendimiento y calidad del aceite continúa siendo un desafío para los cultivadores. Al respecto, el material derivado de cruces de *E. guineensis* x *E. olifera* puede generar un

nuevo problema de llenado de frutos en Indonesia, por lo que se hace necesario el uso del método de incubación y transporte (o Kairomix) para superar esta limitante en el corto plazo.

Investigaciones futuras deben enfocarse en cómo mantener un alto llenado de frutos de la palma de aceite mediante la optimización de insectos polinizadores naturales, por ejemplo, con la introducción de nuevas especies y el desarrollo de nuevas metodologías.

Referencias

- Ahmad, M. N., Ali, S. R. A., Masri, M. M. M., & Wahid, M. B. (2009). Effect of *Bacillus thuringiensis*, Terakil-1® and Teracon-1® against oil palm pollinator, *Elaeidobius kamerunicus* and beneficial insects associated with *Cassia cobanensis*. *Journal of Oil Palm Research*, 21(2), 667-674.
- Ahmad, M. N., Ali, S. R. A., Masri, M. M. M., & Wahid, M. B. (2012). Effect of Bt products, LEPCON-1, BAFOG-1 (S) and ECOBAC-1 (EC), against the oil palm pollinating weevil, *Elaeidobius kamerunicus*, and beneficial insects associated with *Cassia cobanensis*. *Journal of Oil Palm Research*, 24, 1442-1447.
- Arianto, I. W., Prasetyo, A. E., Susanto, A., & Riyanto, A. (2013). Peranan *Elaeidobius kamerunicus* dalam Peningkatan *Fruit Set* Kelapa Sawit. *Prosiding Pertemuan Teknis Kelapa Sawit*, Jakarta, Indonesia,
- Auffray, T., Frérot, B., Poveda, R., Louise, C., & Beaudoin-Ollivier, L. (2017), Diel patterns of activity for insect pollinators of two oil palm species (Arecaceae). *Journal of Insect Science*, 17(2), 1-6.
- Badan Pusat Statistik [BPS] (2017). *Statistik Indonesia 1997-2017*. Jakarta: BPS.
- De-Chenon, R. D. (2016). Keynote speech: the current and future challenges of pests, disease, weeds and biodiversity in oil palm. *Proceeding of Sixth IOPRI-MPOB International Seminar of Pests and Diseases*, Medan, Indonesia.
- Dhilleepan, K. (1992). Pollen carrying capacity, pollen loads, pollen-transferring ability of the oil palm pollinating weevil *Elaeidobius kamerunicus* Faust in India. *Oleagineux*, 47, 55-61.
- Ditjenbun, A. (2017). *Statistik Perkebunan Indonesia, 2015-2017 Kelapa Sawit*, Direktorat Jendral Perkebunan, Kementrian Pertanian RI: Jakarta, Indonesia.
- Fox, C. W., Scheibly, K. L., Smith, B.P., & Wallin, W.G. (2007). Inbreeding depression in two seed-feeding beetles, *Callosobruchus maculatus* and *Sator limbatus* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Bulletin of Entomological Research*, 97, 49-54.
- Gerloff, C.U., & Schmid-Hempel, P. (2005). Inbreeding depression and family variation in a social insect, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). *OIKOS*, 111, 67-80.
- Hambal, K. R. A. (2009). *Toxicity of imidacloprid and cypermethrin against the oil palm pollinating weevil Elaeidobius kamerunicus Faust (Coleoptera: Curulionidae)*. Universiti Putra Malaysia.
- Harahap, I. Y., Sumaryanto, W., Rizki, A.E., Prasetyo, R., Damanik, M., & Arif, M. (2013). Buah landak kelapa sawit: ditinjau dari aspek ekofisiologi. *Prosiding Pertemuan Teknis Kelapa Sawit*, Jakarta, Indonesia.
- Hendrik, P. W., & Kalinowski, S. T. (2000). Inbreeding depression in conservation biology. *Annual Review of Ecological Systematic*, 31, 139-62.
- Hutauruk, C. H., Sipayung, A., & Sudharto, P. S. (1982). *Elaeidobius kamerunicus* Fst: hasil Uji Kekhususan Inang dan Peranannya Sebagai Penyerbuk Kelapa Sawit. *Buletin Pusat Penelitian Marihat*, 3(2), 1-15.
- Hutauruk, C., H., Sudharto, P. S., Simangunsong, G., & Sipayung, A. (1985). Menjelang Dua Tahun Serangga Penyerbuk Kelapa Sawit *Elaeidobius kamerunicus* di Indonesia. *Simposium Kelapa Sawit*, Medan, Indonesia.
- Kok, C. C., Eng, O. K., Razak, A. R., Marcon, P. G., & Loong, L. K. (2010), Chlorantraniliprole: a novel insecticide for bagworm (*Metisa plana*) control in oil palm plantation. *The Planters*, 86(1009), 223-235.

- Lubis, F. I., Sudrajat, S., & Dono, D. (2017). Populasi serangga penyerbuk kelapa sawit *Elaeidobius kamerunicus* Faust dan pengaruhnya terhadap nilai fruit set pada tanah berliat, berpasir dan gambut di Kalimantan Tengah, Indonesia. *Jurnal Agrikultura*, 28(1), 39-46.
- Meléndez, M. R., & Ponce, W. P. (2016). Pollination in the oil palms *Elaeis guineensis*, *E. oleifera*, and their hybrids (OxG) in tropical America. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*, 46(1), 102-110.
- Ningrum, D. A., Wening, S., & Hanum, S. (2014). Screening of AFLP Primers for Molecular Variability Test in Wild Type Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) from Cameroon. *Proceedings of IOPC*, Bali, Indonesia.
- Omar, D. (2011). *Toxicity of TMOF against the oil palm pollinator, Elaeidobius kamerunicus* Faust. *Final Report*. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University Putra Malaysia.
- Permana, A. D., Permana, B., Sahari, B., Putra, R. E., & Kinasih, I. (2017). Estimating numbers of oil palm (*Elaeis guineensis*) pollen grains using image analysis and processing. *Journal of Oil Palm Research*, 29(3), 311-317.
- Prasetyo, A. E., & De-Chenon, R. (2018). New findings on the behaviour of *Elaeidobius kamerunicus* regarding to oil palm pollination. *Journal of Oil Palm Research* (in press).
- Prasetyo, A. E., Priwiratama, H., Rozziansha, T. A. P., & Susanto, A. (2018a). Pentingnya introduksi *Elaeidobius kamerunicus* pada pengembangan kebun kelapa sawit di pulau baru di Indonesia. *Warta PPKS*, in review.
- Prasetyo, A. E., López, J. A., Eldridge, J. R., Zommick, D. H., & Susanto, A. (2018b). Long-term study of *Bacillus thuringiensis* towards *Tirathaba rufivena* Walker and the effect to *Elaeidobius kamerunicus* Faust, insect biodiversity and oil palm productivity. *Journal of Oil Palm Research*, 40(1), 1-11.
- Prasetyo, A. E., Syahputra, B., Fahlevi, M. R., Rozziansha, T. A. P., Susanto, A., & Wening, S. (2017). Molecular Characterization of *Elaeidobius kamerunicus* Faust, (Coleoptera: Curculionidae) in North Sumatera. *Program book World Plantation Conferences and Exhibition*, Jakarta, Indonesia.
- Prasetyo, A. E., & Susanto, A. (2016). Perkembangan populasi *Elaeidobius kamerunicus* Faust pasca introduksi dan peningkatan fruit set kelapa sawit di Pulau Seram, Maluku, Indonesia. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 24(1), 47-55.
- Prasetyo, A. E., Susanto, A., & Siregar, H. H. (2016). Effect of haze on *Elaeidobius kamerunicus* activity and oil palm productivity. *Proceeding of Sixth IOPRI-MPOB International Seminar of Pests and Diseases*. Medan, Indonesia.
- Prasetyo, A. E., & Susanto, A. (2015). Kairomik: Atraktan dan Perata Populasi *Elaeidobius kamerunicus* Faust. *Prosiding Pertemuan Teknis Kelapa Sawit*, Yogyakarta, Indonesia.
- Prasetyo, A. E., Sunindyo, D., & Susanto, A. (2015a). Flubendiamida: Insektisida Potensial untuk Hama Kelapa Sawit yang Aman Terhadap *Elaeidobius kamerunicus* Faust. *Prosiding Pertemuan Teknis Kelapa Sawit*, Yogyakarta, Indonesia.
- Prasetyo, A. E., Priwiratama, H., & Susanto, A. (2015b). Peningkatan Fruit Set Kelapa Sawit di Kalimantan dengan Introduksi *Elaeidobius kamerunicus* Faust dari Sumatera Utara. *Prosiding Pertemuan Teknis Kelapa Sawit*, Yogyakarta, Indonesia.
- Prasetyo, A. E., & Susanto, A. (2014). Status of *Elaeidobius kamerunicus* towards 30 years in Indonesia. *Proceedings of IOPC 2014*, Bali, Indonesia, Session VI: 340-348.
- Prasetyo, A. E., Purba, W. O., & Susanto, A. (2014). *Elaeidobius kamerunicus*: application of hatch and carry technique for increasing oil palm fruit set. *Journal of Oil Palm Research*, 26(3), 195-202.
- Prasetyo, A. E. (2013). Aktivitas *Elaeidobius kamerunicus* Faust pada perkebunan kelapa sawit yang berpotensi produksi tinggi. *Warta PPKS*, 18(2), 59-65.

- Prasetyo, A. E., Sunindyo, D., Tolentino, P., & Susanto, A. (2013). Pengaruh beberapa jenis bahan aktif insektisida terhadap mortalitas dan kemunculan kumbang baru *Elaeidobius kamerunicus* Faust. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 21(3), 105-114.
- Prasetyo, A. E., & Susanto, A. (2012a). Meningkatkan Fruit Set kelapa sawit dengan teknik hatch & carry *Elaeidobius kamerunicus*. *Seri Kelapa Sawit Populer 11 Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, Medan, Indonesia,
- Prasetyo, A. E., & Susanto, A. (2012b). Serangga penyerbuk kelapa sawit *Elaeidobius kamerunicus* Faust: agresivitas dan dinamika populasi di Kalimantan Tengah. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 20(3), 103-113.
- Prasetyo, A. E., Arif, M., & Hidayat, T. C. (2012). Buah landak pada tanaman muda kelapa sawit. *Warta PPKS*, 17(1), 13-20.
- Purba, A. R., Prasetyo, A. E., Kurniawan, A., Supena, N., Siregar, H. A., Sujadi, S. P., Hasibuan, H. A., Arif, M., & Suprianto, E. (2016). Oil Palm Pollinator Weevil *Elaeidobius kamerunicus* and the Fruit Set in Indonesia. *Proceeding of Sixth IOPRI-MPOB International Seminar of Pests and Diseases*, Medan, Indonesia.
- Purba, R. Y., Rozziansha, T. A. P., & Prasetyo, A. E. (2013). Efektivitas Penyerbukan dan Peranan Tikus (*Rattus tiomanicus*) Sebagai Predator Utama SPKS *Elaeidobius kamerunicus* pada Tanaman Muda Kelapa Sawit. *Prosiding Pertemuan Teknis Kelapa Sawit*, Jakarta, Indonesia.
- Purba, R. Y., Harahap, I. Y., Pangaribuan, Y., & Susanto, A. (2010). Menjelang 30 tahun keberadaan serangga penyerbuk kelapa sawit *Elaeidobius kamerunicus* Faust di Indonesia. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 18(2), 73-85.
- Purba, A. R., Supriyanto, E., Supena, N., & Arif, M. (2009). Peningkatan produktivitas kelapa sawit dengan menggunakan bahan tanaman unggul. *Prosiding Pertemuan Teknis Kelapa Sawit*, Jakarta,
- Rozziansha, T. A. P., & Prasetyo, A. E. (2017). Biology of *Elaeidobius kamerunicus* in the Lowland and Highland on North Sumatra, Indonesia. *Proceeding of International Society of Oil Palm Agronomists*, Malaysia.
- Simanjuntak, D., Prasetyo, A. E., & Susanto, A. (2015). Karakteristik populasi, siklus hidup, dan aktivitas *Elaeidobius kamerunicus* di perkebunan kelapa sawit dataran tinggi. *Warta PPKS*, 20(1), 19-24.
- Sipayung, A., & Lubis, A. U. (1987). Dampak Pelepasan *Elaeidobius kamerunicus* Fst di Indonesia Dan Malaysia. *Buletin Pusat Penelitian Marihat*, 7(2), 7-14.
- Subardja, D., Irsal, L., & Saleh, A. (2006). Distribution of land potential for oil palm extensification in Indonesia. *Proceeding of International Oil Palm Conference*, Bali,
- Sumitro, S., Manik, W., Panjaitan, A., Prasetyo, A.E., & Susanto, A. (2014). Hatch and carry mobile: new modification technique to increase oil palm fruit set. *Proceedings of IOPC 2014*, Bali, Indonesia, AGR-P, 40, 574-580.
- Susanto, A., Prasetyo, A. E., & Rozziansha, T. A. P. (2015). Metode estimasi populasi *Elaeidobius kamerunicus* di perkebunan kelapa sawit. *Warta PPKS*, 20(2), 53-59.
- Susanto, A., Purba, R. Y., & Prasetyo, A. E. (2007). *Elaeidobius kamerunicus*: Serangga Penterbuk Kelapa Sawit. *Seri Buku Saku 28 Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, Medan,
- Syed, R. A. (1982). Study on Oil Palm Pollination by Insect. *Bulletin of Entomological Research*, 69, 213-224.
- Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipski, A., & Kumar, S. (2013), MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. *Molecular Biology and Evolution*, 30, 2725-2729.

- Tan, Y. P. (1985). Weevil pollination in the *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* hybrid, In: *Proceedings of the Symposium Impact of the pollinating weevil on the Malaysian oil palm industry*, Oil Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur,
- Tuo, Y., Akpesse, A. A. M., Hala, N., & Koua, H. K. (2011a). Impact of terrestrial spraying of thio-cyclam hydrogen oxalate on oil palm pollinating insects. *Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 2(7), 208-213.
- Tuo, Y., Koua, H. K., & Hala, N. (2011b), Biology of *Elaeidobius kamerunicus* and *Elaeidobius plagiat* (Coleoptera: Curculionidae) main pollinators of oil palm in West Africa. *European Journal of scientific Research*, 49(3), 426-423.
- Vitikainen, E. (2010). *Causes and consequences of inbreeding in the ant Formica exsecta*. Dissertation, Faculty of Biosciences, University of Helsinki, Finland.
- Vos, P., Hogers, R., Bleeker, M., Reijans, M., Van de Lee, T., Hornes, M., Friters, A., Pot, J., Paleman, J., Kuiper, M., & Zabeau, M. (1995). AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Research*, 23, 4407-4414.
- Wening, S., Prasetyo, A. E., Rozziansha, T. A. P., & Susanto, A. (2016). Optimasi protokol ekstraksi DNA *Elaeidobius kamerunicus*. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 24(2), 77-86.