

# **Estructuras reproductivas y polinización entomófila en tres lotes comerciales de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en el estado Zulia, Venezuela**

Reproductive structures and the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) pollination by insects in three commercial fields in Zulia state, Venezuela

M. Labarca<sup>1</sup>, E. Portillo<sup>1</sup>, A. Portillo<sup>2</sup> y E. Morales<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agronomía. Instituto de Investigaciones Agronómicas. Universidad del Zulia. Código postal ZU4005. Apartado 15205.

<sup>2</sup>Estudiantes de la Facultad de Agronomía. Apartado 15205. Universidad del Zulia. 4005.

## **Resumen**

La palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.), es una oleaginosa perenne que inicia su producción después de 30 meses de transplantada. La polinización entomófila es de gran importancia en el rendimiento de éste cultivo, ya que una mayor proporción de frutos normales se asocia con altas poblaciones de insectos polinizadores durante el período de antesis de las inflorescencias femeninas. Con el fin de estudiar a los polinizadores y su fluctuación poblacional se llevó a cabo un estudio desde agosto de 2005 a julio de 2006 en tres plantaciones en edad productiva, de las principales zonas productoras del estado Zulia. Se disectaron espiguillas de inflorescencias masculinas en antesis (IMA), según su disponibilidad y se colocaron trampas en las inflorescencias femeninas en antesis (IFA), para capturar a los insectos, los cuales fueron separados, identificados por especie y contados. Se contabilizaron las inflorescencias masculinas (IM) y femeninas (IF) en las plantas marcadas, describiendo si estaban cerradas, en antesis y las femeninas polinizadas. También se registró la precipitación, la temperatura y la humedad relativa media mensual en cada plantación. Los resultados mostraron que el insecto *Elaeidobius kamerunicus* fue el más frecuentemente encontrado y en mayor proporción en las tres plantaciones

---

Recibido el 29-11-2006 • Aceptado el 14-10-2008

Autor de correspondencia e-mail: mlabarca@luz.edu.ve. eportillo@luz.edu.ve. Tele-Fax: 0261-7596184.

estudiadas, el cual estuvo altamente correlacionado con las IMA y con la precipitación. Asimismo, se encontró algunas correlaciones positivas y significativas entre el número de IM e IF y la precipitación y negativas entre la temperatura y las IF. Concluyendo que variaciones en los factores climáticos causaron fluctuaciones en el número de IM e IF y por ende en la población de los polinizadores.

**Palabras clave:** palma aceitera, *Elaeis guineensis*, polinización entomófila, inflorescencias, clima.

## Abstract

The oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) is a perennial crop, which begin its productivity thirty months after sowing. The yield of the oil palm depends on insect pollination. A high proportion of normal fruits are related to a high population of pollinating insects. In order to study the pollinating insects and their population fluctuations a survey was carried out from August 2005 to July 2006 in three plantations on productivity aged, located in Zulia state. Samples were taken from male inflorescences in anthesis (MIA) available in the marked plants and traps were placed in the female inflorescences in anthesis (FIA), to capture the insects; which were separated, identified per species and counted. Also the number of male and female inflorescences was registered describing if they were closed, in anthesis or fertilized. The monthly rainfall, temperature and relative humidity were registered in each plantation. These results showed that the main insect founded was *Elaeidobius kamerunicus* in the three plantations studied. There were observed significant correlations between *E. kamerunicus* and the number of MIA, and between *E. kamerunicus* and precipitation. In addition, there were observed positive and significant correlations between the MI, the FI and the monthly precipitation, besides were founded some negative correlation between monthly temperature and the total female inflorescences. It can be conclude that variations in the climatic factors caused fluctuations in the male and female inflorescences, therefore in the pollinating insect's population.

**Key words:** oil palm, *Elaeis guineensis*, pollination by insects, inflorescences, climate.

## Introducción

La palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacquin), es una oleaginosa perenne que inicia su producción después de 30 meses de siembra en el campo, pudiendo ser explotada económicamente por hasta 26

## Introduction

The oil palm (*Elaeis guineensis* Jacquin), is a perennial crop that begin its production 30 months after sowing, could be economically exploited for almost 26 years. It is possible to obtain from this plant 3 to

años. De ella se puede llegar a obtener de 3 a 6 t.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> de aceite de la pulpa (principal uso comestible) y de 0,6 a 1 t.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> de aceite de la almendra (uso cosmético, jabones, pinturas, detergentes, etc.) (Fedepalma, 2006).

La polinización es de gran importancia para el rendimiento de éste cultivo, ya que cuando es deficiente puede ocurrir mala formación de racimos, abortos y pudrición, pérdida en la biomasa promedio, baja producción y baja extracción de aceite.

La palma aceitera, es una especie monoica, porque tiene inflorescencias masculinas y femeninas separadas en el mismo eje vegetativo. Esta situación determina una polinización cruzada, ya que sólo raras veces ambas inflorescencias son simultáneamente receptoras en la misma planta (Fedepalma, 2006).

Hasta finales de los años setenta, se pensaba que la palma aceitera era exclusivamente anemófila, esta creencia surgió de la supuesta falta de evidencia de insectos polinizadores efectivos, y corroborado por las altas densidades de polen atmosférico observadas a distancias considerables de las inflorescencias masculinas (Caudel *et al.*, 2005).

Sin embargo, en 1979 se reportó la sospecha de la participación de otros agentes en la dispersión del polen, ya que aunque en la estación húmeda llovió casi todos los días, la polinización durante este período fue eficiente. De esta forma se comenzaron estudios en Camerún, en un área donde la palma de aceite crece en forma natural sin polinización asistida, en la cual los niveles de formación de

6 t.ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup> of oil from pulp (mean edible use) and of 0.6 a 1 t.ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup> of almond oil (cosmetic use, soaps, paints, detergents, etc.) (Fedepalma, 2006).

Pollination have a great importance on crop yielding, because if it is deficient could occur bad bunches formation, aborts and rot, lost of average mass, low production and low oil extraction.

The oil palm, is a monoicous specie because have male and female inflorescences separated in the same vegetative axe. This situation determines a crossed pollination, since it is not frequent that both inflorescences are simultaneously receptive in the same plant (Fedepalma, 2006).

Until seventy end's, it was thought that oil palm was exclusively anemophilous, this belief came from supposed lack of evidence of effective pollinating insects, and corroborate by high densities of atmospheric pollen observed to considerable distances of male inflorescences (Caudel *et al.*, 2005).

Nevertheless, in 1979 the suspect of participation of another agents in pollen dispersion was reported, even though in humid season there was rain almost everyday, pollination during this period was efficient. In this way, studies in Camerun were carried out, in an area in where oil palm grows in a natural way without assisted pollination, in which levels of fruits formation are considered inadequate. When checking male and female inflorescences, it was found a high number of insects, which were found

frutos se consideraban adecuados. Al revisar las inflorescencias masculinas y femeninas, se encontró gran número de insectos, los cuales se hallaban en las inflorescencias masculinas durante la antesis y en las femeninas durante los primeros días de receptividad (Syed, 1979).

Se encontró que las especies de *Elaeidobius kamerunicus*, *E. subvittatus* y *E. plagiatus*, transportaban la mayor cantidad de granos de polen y que estos eran viables en un 68,5% (Caudel *et al.*, 2005). Se seleccionó a *E. kamerunicus* para ser introducido en Asia, por ser el insecto más numeroso y transportaba más granos de polen que las otras especies; también señaló que *E. kamerunicus* tenía alta tasa de reproducción, buena habilidad de búsqueda y era específico del huésped (Syed, 1979).

En América Latina antes de la introducción de *E. kamerunicus*, la polinización de la palma aceitera se atribuía a dos especies de polinizadores del orden coleóptero, uno perteneciente a la familia Nitidulidae, *Mytrops costaricensis*, especie americana y el otro perteneciente a la familia Curculionidae, *E. subvittatus*, que probablemente se introdujo de África occidental a través de la costa oriental de Brasil (Chinchilla y Richardson 1990).

A nivel nacional, son pocos los estudios que existen en cuanto a la polinización y a los factores que influyen en ésta, es por ello que con esta investigación se busca contribuir al conocimiento de los insectos polinizadores y su fluctuación poblacional en las principales zonas productoras de palma aceitera en el estado Zulia.

in male inflorescences during anthesis and in females ones during the first receptivity days (Syed, 1979).

Species of *Elaeidobius kamerunicus*, *E. subvittatus* and *E. plagiatus*, moved the higher quantity of pollen grains and these were viable in 68.5% (Caudel *et al.*, 2005). *E. kamerunicus* was selected for being introduced in Asia, by being the numerous insect and moved pollen grains than other species; also *E. kamerunicus* had a high reproduction rate, good ability for looking and it was specific for host (Syed, 1979).

In Latin America before the introduction of *E. kamerunicus*, pollination of oil palm was attributed to two pollinators species of coleopteron order, one belonging to the Nitidulidae family, *Mytrops costaricensis*, American specie and the other one to the Curculionidae family, *E. subvittatus*, that probably was introduced of Occidental Africa through the Oriental cost of Brazil (Chinchilla and Richardson, 1990).

At a national level, are few the studies that exist in relation to pollination and to the factor that influencing on it, so, this research looks for contribute to knowledge of pollinating insects and its population fluctuation in the main regions producers of oil palm in Zulia state.

## Materials and methods

Research was carried out between August 2005 and July 2006, in three commercial plots of Deli x Avros variety, located in the main areas of oil palm of Zulia state, Venezuela. The first one, "Palmeras el

## Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo entre agosto de 2005 y julio de 2006, en tres lotes comerciales de la variedad Deli x Avros ubicados en las principales áreas de palma aceitera del estado Zulia, Venezuela.

La primera llamada "Palmeras el Alamo", ubicada en el municipio Francisco Javier Pulgar, sembrada en 2001, con una precipitación promedio de 1.150 mm.año<sup>-1</sup> y una temperatura media anual de 27°C, el clima corresponde al bosque húmedo tropical (Ewel y Madriz 1976). Sus suelos están dedicados principalmente al cultivo del plátano Harton (*Musa AAB*). Esta plantación está sembrada relativamente aislada de otras, lo que hace que la misma tenga ciertas ventajas en cuanto a la presencia de plagas y enfermedades.

La segunda unidad de producción fue "Palmeras Diana", de 7 años de edad, ubicada en la carretera Machiques-Colón en el Km 26 del municipio Jesús María Semprúm a una altitud de 30 msnm; la precipitación promedio es de 3.000 mm.año<sup>-1</sup> y temperatura de 28°C, caracterizada por suelos ácidos de baja fertilidad.

La tercera plantación denominada "Palmeras el Puerto", de 6 años de edad, se ubica a orillas del río Escalante, municipio Colón a 6 msnm, con una temperatura media superior a 26°C y una precipitación media anual de 1.300 mm.año<sup>-1</sup>, cuenta con suelos dedicados en su mayoría a pastizales.

Para determinar el tamaño de la muestra representativa en cada plantación, se tomó en cuenta la cantidad

Alamo", located in Francisco Javier Pulgar municipality, sowed in 2001, with a mean rainfall of 1.150 mm.year<sup>-1</sup> and annual mean temperature of 27°C, the climate correspond to tropical humid forest (Ewel and Madriz, 1976). Its soils are mainly dedicated to the Horn (*Musa AAB*) plantain cultivation. This plantation is sowed relatively isolated from others which offer several advantages in relation to presence of pest and diseases.

The second production unit was "Palmeras Diana", of 7 years old, located in the Machiques-Colon road in Km 26 of Jesús María Semprúm municipality, at a height of 30 msnm; the main rainfall is of 3.000 mm.year<sup>-1</sup> and a temperature of 28°C, characterized by acid soils of low fertility

The third plantation called "Palmeras el Puerto", of six years old, is located in the edges of Escalante River, Colón municipality, to 6 msnm, with a mean temperature superior to 26°C and annual mean rainfall of 1.300 mm.year<sup>-1</sup>, and it counts with soils mainly dedicated to pastures.

For determining the size of representative sample in each plantation, the units' quantity was taken into account (4 plants.unit<sup>-1</sup>) with presence of pollinating insects, a pilot sample with 18 units, by using the simple aleatory sampling in zig-zag shape for proportions. Units were selected from a limited lot by making use of a square shape method because the spatial distribution pattern of *Elaeidobius* sp. populations is aggregated correspond to a negative binomial distribution (Pérez and González, 1993).

de unidades (4 plantas.unidad<sup>-1</sup>) con presencia de insectos polinizadores, de una muestra piloto de 18 unidades, usando el muestreo aleatorio simple en forma de zig-zag para proporciones. La unidades fueron seleccionadas de un lote delimitado haciendo uso del método de la cuadrícula debido a que el patrón de distribución espacial de las poblaciones de *Elaeidobius* sp. es agregado, correspondiente a una distribución binomial negativa (Pérez y González 1993).

Se aplicó la siguiente fórmula, utilizada para poblaciones finitas (Sheaffer y Mendenhall, 1986):

$$n = \frac{N K^2 \hat{p} \hat{q}}{N E^2 + K^2 \hat{p} \hat{q}}$$

En donde:

n= tamaño de la muestra

K (constante)=2

$\hat{p}$ = proporción de la muestra con presencia de insectos

$\hat{q}$ = 1-proporción muestral

N= 400 plantas

E= error máximo admisible 0,05 y 0,2

Al incorporar los valores obtenidos en cada lote en la fórmula, se determinó un tamaño de muestra de 20 unidades en Palmeras el Alamo, 16 unidades en Palmeras Diana y 18 unidades en Palmeras el Puerto. Las palmas seleccionadas fueron marcadas con colores y etiquetas enumeradas para su reconocimiento en cada muestreo.

Durante los 12 meses de muestreo, en las horas de mayor actividad de los polinizadores entre las 8:30 a.m. y las 2:00 p.m. (Prada, *et al.* 1998), se seleccionó según la disponi-

The following formula was applied, used for finite populations (Sheaffer and Mendenhall, 1986):

$$n = \frac{N K^2 \hat{p} \hat{q}}{N E^2 + K^2 \hat{p} \hat{q}}$$

In where:

n= sample size

K(constant)=2

$\hat{p}$ = sample proportion with insects presence

$\hat{q}$ = 1-sampling proportion

N= 400 plants

E= maximum admisible error 0.05 and 0.2

When adding values obtained in each lot in the formula, a sample size of 20 units was determined in Palmeras el Alamo, 16 units in Palmeras Diana and 18 units in Palmeras el Puerto. Palms selected were marked with colors and numbered labels for its recognizing in each sampling.

During the 12 sampling months, in the more activity pollinators hours between 8:30 am and 2:00 pm (Prada *et al.*, 1998), one male inflorescence in anthesis (MIA) was selected by each plant according to the availability, which was recognized by the pollen presence and by its strong anisette smell, by following the methodology used by Chinchilla and Richardson (1990), two little spikes of the apical, medium and basal part of inflorescence were dissected, for having an homogenous sample.

Likewise, according to the presence of female inflorescences in anthesis (FIA), which were receptive when lobes of stigma were separated and it were of crème of clear ping color, one per plant was selected and a

bilidad una inflorescencia masculina en estado de antesis (IMA) por planta, la cual se reconoció por la presencia de polen y por su fuerte olor a anís y siguiendo la metodología usada por Chinchilla y Richardson (1990), se disectaron dos espiguillas de la parte apical, media y basal de la inflorescencia, para tener una muestra homogénea.

Asimismo, de acuerdo a la presencia de inflorescencias femeninas en antesis (IFA), las cuales fueron receptivas cuando los lóbulos del estigma estaban separados y eran de color crema o rosado claro, se seleccionó una por planta y se le colocó una trampa para atrapar a los insectos, hecha con cinta plástica de color blanco de 5 cm de ancho, con pegamento (pega para atrapar roedores diluida con gasolina sin plomo) rodeando a lo ancho a la inflorescencia, la misma fue retirada en horas de la mañana del siguiente día. Tanto las muestras de las IMA como las trampas colocadas en las IFA fueron congeladas para su conservación y llevadas al Laboratorio de Entomología, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia (LUZ), donde se identificaron y contabilizaron las especies de polinizadores presentes.

Las variables estudiadas fueron:

a) Número de inflorescencias masculinas por muestreo: se contó el total de inflorescencias masculinas (IM), discriminando si estaban cerradas (IMC) ó en antesis (IMA).

b) Número de inflorescencias femeninas por muestreo: se contó el total de inflorescencias femeninas (IF), discriminando si estaban cerradas (IFC), en antesis (IFA) ó polinizadas (IFP).

trap was placed for catching insects, made with plastic tape of white color of 5 cm width, with glue (glue for catching mousse diluted with gas without lead) by rounding the inflorescence in the width shape, which was took off in morning hours of the next day. As MIA samples as traps placed in FIA were frozen for its conservation and taken to the Entomology Laboratory, Agronomy Faculty, University of Zulia (LUZ), in where the pollinator species presents were identified and counted.

The studied variables were:

a) Number of male inflorescences by sampling: the total of MI was counted, by determining if they were closed (MIC) or in anthesis (MIA).

b) Number of female inflorescences by sampling: the total of FI was counted by determining if they were closed (FIC), in anthesis (FIA) or pollinated (FIP).

c) Proportion of insect's species by MIA in each sampled lot: the insects number by specie was counted in dissected little spike from the apical, medium and basal of each inflorescence.

d) Proportion of insect's species by FIA in each sampled lot: the insects number by specie was counted in traps placed in each FIA.

e) Average of each pollinator specie by sampling date in each sampled lot

Also, temperature, rainfall and monthly relative medium moisture registration were taken in each sampling or in different plantations by using portable digital instruments.

The correlation coefficient of Pearson was determined for knowing



c) Proporción de especies de insectos por IMA en cada lote muestreado: se contó el número de insectos por especie en las espiguillas disectadas de la parte apical, media y basal de cada inflorescencia.

d) Proporción de especies de insectos por IFA en cada lote muestreado: se contó el número de insectos por especie en las trampas colocadas en cada IFA.

e) Promedio de cada especie de polinizadores por fecha de muestreo en cada lote muestreado

También se llevaron registros de la temperatura, la precipitación y la humedad relativa media mensual en cada muestreo en las diferentes plantaciones, utilizando instrumentos digitales portátiles.

Se determinó el coeficiente de correlación de Pearson para conocer el grado de asociación y la naturaleza de ésta entre las variables reproductivas, las entomológicas y las climáticas estudiadas. Los datos se procesaron usando el programa estadístico SAS 2005.

## Resultados y discusión

**Relación entre las estructuras reproductivas y las variables climáticas.** En las tres plantaciones estudiadas se recolectaron 148 IMA y 198 IFA para las doce fechas de muestreo. En Palmeras el Puerto y Palmeras Diana el número de IMA fue 57, mientras que en Palmeras el Alamo se registró sólo 34 IMA a todo lo largo de los muestreos realizados (figura 1).

El mayor número de IFA se consiguió en Palmeras el Alamo (96 inflorescencias), seguido de Palmeras

the association degree and its nature between the reproductive, entomological and climatic variables studied. Data were processed by using the statistical program SAS, 2005.

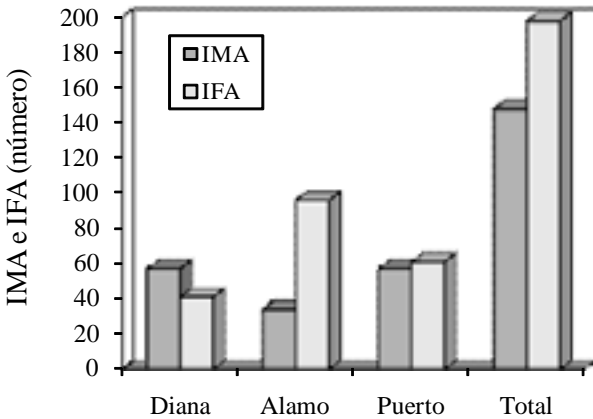
## Results and discussion

**Relationship between reproductive structures and climatic variables.** In three plantations studied 148 MIA and 198 FIA were collected for the twelve sampling dates. In Palmeras el Puerto and Palmeras Diana the number of MIA was 57, whereas in Palmeras el Alamo only 34 MIA were registered along the sampling made (figure 1).

The higher number of FIA was found in Palmeras el Alamo (96 inflorescences), followed by Palmeras el Puerto (61 inflorescences) and finally, Palmeras Diana (41 inflorescences) (figure 1). Probably this was caused by the inflorescences emitted by palm in one plantation managed, adequately vary with age, in young palms of 4 to 5 years, the IF:IM relationship is of 3:1, after, this relationship changes when plant becomes adult, by reaching values from 1:2 until 1:3, when palm is in plain production, perhaps healthy or fertilization problems grows up which favors MIA emission (Salas, 1992).

In Palmeras el Alamo, a positive and highly significant relationship between rainfall, MIA number ( $r=0.7319$ ;  $P=0.0068$ ) and FIA number ( $r=0.7266$ ;  $P=0.0074$ ) was found. So, if MIA number varied from 1 to 7 when rainfall increased from 7mm in December to 73mm in January and this number began to decrease when





**Figura 1. Número de inflorescencias masculinas (IMA) y femeninas (IFA) en antesis en tres plantaciones comerciales de palma aceitera del estado Zulia. Período Agosto 2005-Julio 2006.**

**Figure 1. Number of male inflorescences (MIA) and females (FIA) in anthesis in three commercial plantations of oil palm, Zulia state. Period August 2005-July 2006.**

el Puerto (61 inflorescencias) y por último Palmeras Diana (41 inflorescencias) (figura 1). Lo anterior probablemente se debió a que el número de inflorescencias emitidas por palma en una plantación manejada adecuadamente varía con la edad, en palmas jóvenes de 4 a 5 años la relación IF:IM es de 3:1, luego esta relación cambia a medida en que la planta se hace adulta, alcanzando valores de 1:2 hasta 1:3, cuando la palma está en plena producción, quizás porque se acentúan los problemas fitosanitarios ó de fertilización los cuales favorecen la emisión de IMA (Salas 1992).

En Palmeras el Alamo se consiguió una correlación positiva y altamente significativa entre la precipitación, el número de IMA ( $r=0,7319$ ;  $P=0,0068$ ) y el número de IFA ( $r=0,7266$ ;  $P=0,0074$ ). Así el número

rainfall also decreased from 134mm in April to 41mm in May (figure 2).

Respect to temperature and relative moisture, only a negative association between bunches number and temperature ( $r=-0.6878$ ;  $P=0.0134$ ) and FI number and temperature ( $r=-0.7308$ ;  $P=0.0069$ ) was found.

In Palmeras Diana a significant correlation between the climatic variables and reproductive was not found; however, an increase on FIA number from one month to another, when rainfall varied from 88.2mm in February to 166.9mm in March, likewise the high FIA number (13 inflorescences) was in agreement with one of rainfall highest values (459.9mm) (figure 3).

In Palmeras el Puerto there was not found association between climatic and reproductive variables,

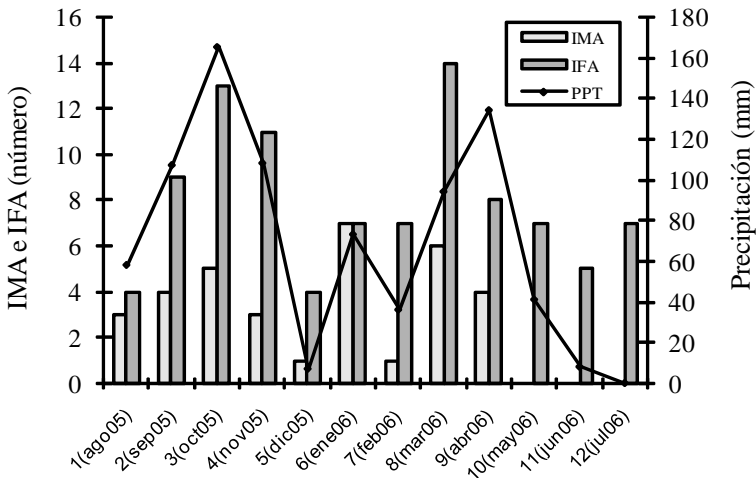
de IMA varió de 1 a 7 cuando la precipitación aumentó de 7mm en el mes de diciembre a 73mm en el mes de enero y este número comenzó a disminuir cuando la precipitación bajó de 134mm en abril a 41mm en mayo (figura 2).

Con respecto a la temperatura y la humedad relativa, sólo se consiguió una asociación negativa entre el número de racimos y la temperatura ( $r=-0,6878$ ;  $P=0,0134$ ) y el número de IF y la temperatura ( $r=-0,7308$ ;  $P=0,0069$ ).

En Palmeras Diana no se consiguió correlación significativa entre las variables climáticas y las reproductivas; sin embargo, se observó un aumento en el número de IFA de un mes a otro, cuando la precipitación varió de 88,2mm en el mes de fe-

because the effect of a high rainfall quantity and good distribution is related with a high sexual differentiation toward FI, which occurs two years before anthesis period (Bulgarelli *et al.*, 2002).

**Pollinator's population and its relationship with reproductive structures.** The higher number of pollinator insects found in MIA and in FIA in the twelve months of sampling corresponded to *E. kamerunicus* specie, in the total of insects of three plantations like each of them. In the MIA of three plantations 92.57% corresponded to *E. kamerunicus*, followed by 6.66% of *M. costaricensis*, the rest was distributed between *E. subvittatus* and other insects identified like *T. hawaiiensis* (Thysanoptera: Thripidae)



**Figura 2. Relación entre número de inflorescencias masculinas (IMA) y femeninas en antesis (IFA) y la precipitación (PPT) en mm registrada mensualmente en Palmeras el Alamo.**

**Figure 2. Relationship between number of male inflorescences (MIA) and female in anthesis (FIA) and rainfall (PPT) in mm monthly registered in Palmeras El Alamo.**

brero a 166,9mm en el mes de marzo, asimismo el mayor número de IFA (13 inflorescencias) coincidió con uno de los valores más altos de precipitación (459,9mm) (figura 3).

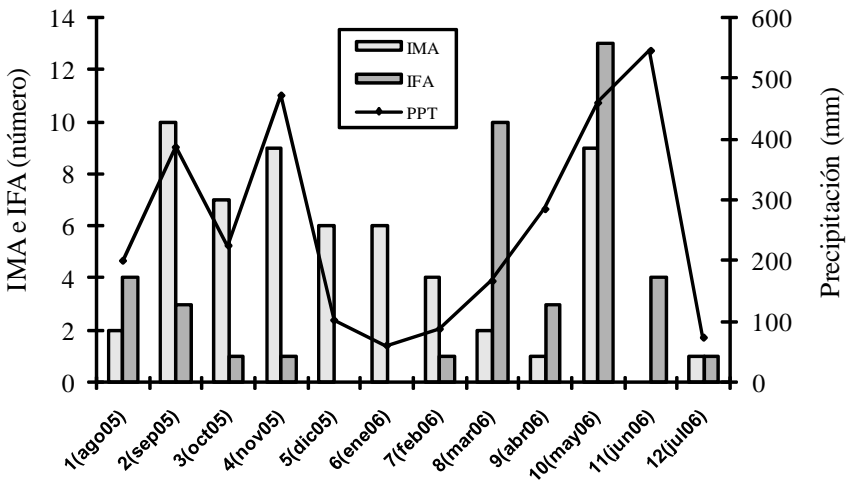
En Palmeras el Puerto tampoco se consiguió asociación entre las variables climáticas y las reproductivas; esto debido a que el efecto de una mayor cantidad de precipitación y una buena distribución se asocia con una mayor diferenciación sexual hacia las IF, lo cual ocurre dos años antes del período de antesis (Bulgarelli *et al.*, 2002).

**Población de polinizadores y su relación con las estructuras reproductivas.** El mayor número de insectos polinizadores encontrados en las IMA y en las IFA en los doce meses

and one coleopteron of Smicripidae family, considered in research like "other pollinators" (table 1).

In FIA even though the percentage of *E. kamerunicus* (71.31%) was higher than rest of species found, the difference was lower than MIA with respect to *M. costaricensis* (26.89%), in the same way to the other percentage was occupied by the same species that collected in MIA (table 1), because *E. kamerunicus* only is capable to fulfill its life cycle and get reproduction in the MIA of the oil palm (García, 1994).

Nevertheless, this proportion was more accentuated in Palmeras Diana and Palmeras el Puerto (table 1). In the first one, the registered percentage of *E. kamerunicus* was



**Figura 3. Relación entre el número de inflorescencias masculinas (IMA) e inflorescencias femeninas (IFA) en antesis y la precipitación (PPT) en mm registrada mensualmente en Palmeras Diana.**

**Figure 3. Relationship between number of male (MIA) and female inflorescences (FIA) in anthesis and rainfall (PPT) in mm monthly registered in Palmeras Diana.**

de muestreo perteneció a la especie *E. kamerunicus*, tanto en el total de insectos de las tres plantaciones como dentro de cada una de éstas. Así en las IMA de las tres plantaciones un 92,57% correspondió a *E. kamerunicus*, seguido por 6,66% de *M. costaricensis*, el resto estuvo repartido entre *E. subvittatus* y otros insectos identificados como *T. hawaiiensis* (Thysanoptera: Thripidae) y un coleóptero de la familia Smicripidae, considerados en el trabajo como "otros polinizadores" (cuadro 1).

En las IFA aún cuando el porcentaje de *E. kamerunicus* (71,31%) fue mucho mayor que el del resto de las especies encontradas, la diferencia fue menor que en las IMA con respecto a *M. costaricensis* (26,89%), de igual forma el otro porcentaje estuvo ocupado por las mismas especies que se recolectaron en las IMA (cuadro 1), debido a que *E. kamerunicus* solamente es capaz de cumplir su ciclo de vida y reproducirse en las IMA de la palma aceitera (García, 1994).

Sin embargo, dicha proporción fue más acentuada en Palmeras Diana y Palmeras el Puerto (cuadro 1). En la primera el porcentaje registrado de *E. kamerunicus* fue 94,04% en las IFA y 97,09% en las IMA y en la segunda los porcentajes fueron 98,21% en las IMA y 94,66% en las IFA, esto puede deberse a que éstas plantaciones estaban rodeadas por las más antiguas del estado Zulia, en las cuales *E. kamerunicus* fue introducido desde Colombia.

Lo contrario ocurrió en Palmeras el Alamo (cuadro 1), donde el porcentaje correspondiente a *E. kamerunicus* fue 78,40% en las IMA y 52,99% en las IFA, mientras que

94.04% in FIA and 97.09% in MIA and in the second one, the percentage were 98.21% in MIA and 94.66% in FIA, this can be caused by these plantations were rounded by the more ancient of Zulia state, in which *E. kamerunicus* was introduced from Colombia.

The opposite occurred in Palmeras el Alamo (table 1), in where the percentage of *E. kamerunicus* was 78.40% in MIA and 52.99% in FIA, whereas for *M. costaricensis* was 21.07% in MIA and 45.17% in FIA; this specie was carrying out any pollinating activity, perhaps by being one younger plantation in where *E. kamerunicus* had moved in a low proportion to *M. costaricensis*.

In relation to the previous related, it has be detached that from the introduction of *E. kamerunicus* in the main world plantations for improving pollination; this was quickly established by occupying the ecological niche of *E. subvittatus*; its populations increased and those of natives was reduced toward so low levels that its populations did not reached to be studied in the evaluations (Zenner and Posada, 1992).

So, this confirm that *E. kamerunicus* is a more active and efficient pollinator. *E. kamerunicus* introduced in India excited the oil palm production, studies carried out in the Researches Centre of Central Plantation Crops Research Institute (CPCRI) of India, showed that pollinator introduction increased the fruits formation of 36.9 to 56.35% during first year and until 66.5% during the second one. From third

**Cuadro 1. Distribución de insectos polinizadores encontrados en las IMA y IFA en las tres plantaciones comerciales de palma aceitera estudiadas. Período Agosto 2005-Julio 2006.**

**Table 1. Distribution of pollinating insects found in MIA and FIA in three commercial plantations of oil palm studied. Period August 2005-July 2006.**

Especie	Palmeras Diana		Palmeras Alamo		Palmeras Puerto		Total	
	IMA (%)	IFA (%)	IMA (%)	IFA (%)	IMA (%)	IFA (%)	IMA (%)	IFA (%)
<i>E. kamerunicus</i> (número)	36.865	4.184	13.104	8.047	29.905	7.172	79.874	19.403
<i>E. subvittatus</i> (número)	97,09	94,04	78,40	52,99	98,21	94,66	92,57	71,31
<i>M. costaricensis</i> (número)	202	34	69	153	102	31	373	218
<i>Otros polinizadores</i> (número)	0,53	0,76	0,41	1,00	0,41	1,00	0,44	0,80
	864	231	3.522	6.859	330	226	4.716	7.316
	2,27	5,19	21,07	45,17	21,07	45,16	6,66	26,89
	37	0	18	127	112	147	167	274
	0,09	0,0	0,11	0,84	0,10	0,84	0,33	1,00

para *M. costaricensis* fue 21,07% en las IMA y 45,17% en las IFA; esta especie estaba cumpliendo cierta actividad polinizadora, quizás por ser una plantación más joven donde *E. kamerunicus* había desplazado en menor medida a *M. costaricensis*.

Con relación a lo anterior, se ha señalado que a partir de la introducción de *E. kamerunicus* en las principales plantaciones del mundo para mejorar la polinización, éste se estableció rápidamente ocupando el nicho ecológico de *E. subvittatus*; sus poblaciones se incrementaron y las de los nativos se redujeron a niveles tan bajos que sus poblaciones no alcanzaron a ser estimadas en las evaluaciones (Zenner y Posada 1992).

Lo anterior confirma que *E. kamerunicus* es un polinizador mucho más activo y eficiente. *E. kamerunicus* introducido en la India revolucionó la producción de la palma de aceite, estudios realizados en el Centro de Investigaciones del Central Plantation Crops Research Institute (CPCRI) de la India, demostraron que la introducción del polinizador aumentó la formación de frutos de 36,9 a 56,35% durante el primer año y hasta 66,5% durante el segundo año. Del tercer año en adelante, la formación promedio de frutos varió entre 70,5 y 78,3%. Con el aumento en la formación de frutos, la masa promedio de los racimos también aumentó con una reducción significativa del número de frutos sin semilla en el nacimiento (Dhileepan y Nampoothiri 1989).

Es importante resaltar que hubo fluctuaciones en las poblaciones de los polinizadores en las IMA e IFA, las cuales resultaron estar

year ahead, the mean formation of fruits varied between 70.5 and 78.3%. With the increase on fruits formation, the mean mass of bunches also increased with a significant reduction of fruits number without seed in the bunches (Dhileepan and Nampoothiri, 1989).

It is important to detach that there was fluctuations in pollinator populations in MIA and FIA, which were correlated in a highly significant way with MIA number in each of plantations studied. In Palmeras el Alamo a significant correlation between number of *E. kamerunicus* and MIA ( $r=0.7369$ ;  $P=0.0062$ ) was found (figure 4). In Palmeras Diana and Palmeras el Puerto these correlations were higher ( $r=0.8121$ ;  $P=0.0013$ ) and ( $r=0.8604$ ;  $P=0.0003$ ) respectively (figures 5 and 6). This correlation also was significant with *E. subvittatus*, in case of Palmeras Diana ( $r=0.6121$ ;  $P=0.0344$ ) and in Palmeras el Puerto ( $r=0.8278$ ;  $P=0.009$ ). Researchers say that variation in the MIA quantity is the main factor that causes the fluctuation observed in the population of pollinators, especially of *E. kamerunicus* (Bulgarelli *et al.*, 2002).

In an study made for determining relationships observed between MI abundances and population of *E. kamerunicus*, it is establish that the final consequence of summer that it was showed in one time and of high rainfalls during other time of same study, was a great differentiation of floral primordia toward masculinity, which determined in shape directly proportional the fluctuation observed

correlacionadas de forma altamente significativa con el número de IMA en cada una de las plantaciones estudiadas. En palmeras el Alamo se consiguió una correlación significativa entre el número de *E. kamerunicus* y de IMA ( $r=0,7369$ ;  $P=0,0062$ ) (figura 4). En Palmeras Diana y Palmeras el Puerto estas correlaciones fueron aún mayores ( $r=0,8121$ ;  $P=0,0013$ ) y ( $r=0,8604$ ;  $P=0,0003$ ) respectivamente (figuras 5 y 6). Esta correlación resultó también significativa con *E. subvittatus*, en el caso de Palmeras Diana fue ( $r=0,6121$ ;  $P=0,0344$ ) y en Palmeras el Puerto ( $r=0,8278$ ;  $P=0,009$ ). Investigadores indican que la variación en la cantidad de IMA, es el factor principal que provoca la fluctuación observada en la población de los polinizadores, principalmente de *E. kamerunicus* (Bulgarelli *et al.*, 2002).

in the population of pollinator *E. kamerunicus*, since these represent the principal food source and coat to the larva in development and during the rest of its life cycle (Alpizar, 1998).

In relation to FIA a significant correlation was found with individual number of *E. kamerunicus* ( $r=0.8945$ ;  $P=0.0001$ ) and *E. subvittatus* ( $r=0.7761$ ;  $P=0.0030$ ) (figure 7) en Palmeras Diana and con *E. kamerunicus* ( $r=0.7920$ ;  $P=0.0021$ ) en Palmeras el Puerto (figure 8).

Percentage of counted insects in FIA was 24.07%, lower than those of MI (75.92%). It have to be detached that the anis smell produced by MI and FI acts like appealing of insects toward them; however, the essence produced by MIA is continuously emitted, whereas FIA is intermittent during period of receptivity, besides

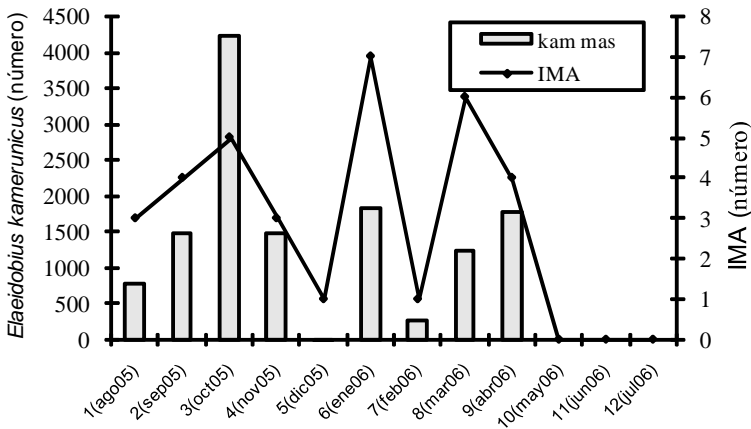


Figura 4. Relación entre la población de *E. kamerunicus* (kam mas) y el número de inflorescencias masculinas en antesis (IMA) de palma aceitera por fecha de muestreo en Palmeras el Alamo.

Figure 4. Relationship between population of *E. kamerunicus* (kam mas) and number of male inflorescences in anthesis (MIA) of oil palm by sampling date in Palmeras el Alamo.



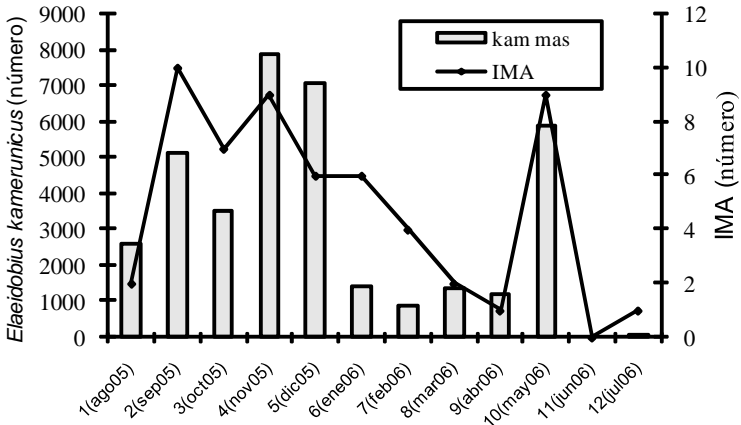


Figura 5. Relación entre la población de *E. kamerunicus* (kam mas) y el número de inflorescencias masculinas en anthesis (IMA) de palma aceitera por fecha de muestreo en Palmeras Diana.

Figure 5. Relationship between population of *E. kamerunicus* (kam mas) and number of male inflorescences in anthesis (MIA) of oil palm by sampling date in Palmeras Diana.

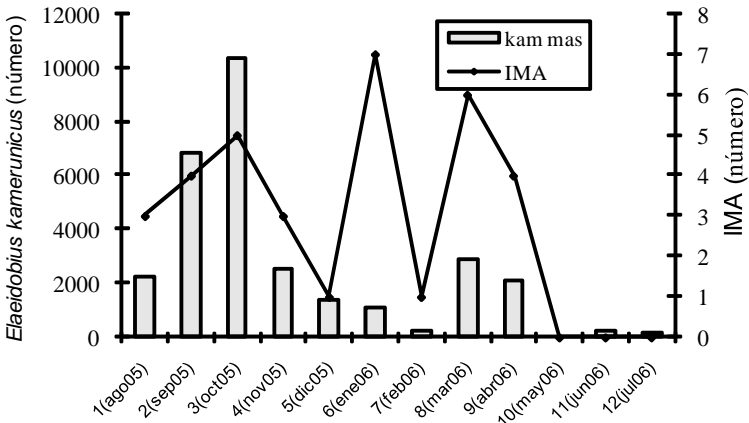


Figura 6. Relación entre la población de *E. kamerunicus* (kam mas) y el número de inflorescencias masculinas en anthesis (IMA) de palma aceitera por fecha de muestreo en Palmeras el Puerto.

Figure 6. Relationship between population of *E. kamerunicus* (kam mas) and number of male inflorescences in anthesis (MIA) of oil palm by sampling date in Palmeras El Puerto.

En un estudio realizado para determinar las relaciones observadas entre la abundancia de IM y la población de *E. kamerunicus*, se señala que la consecuencia final del verano que se presentó en una época y de las altas precipitaciones durante otra época del mismo estudio, fue una mayor diferenciación de primordios florales hacia la masculinidad, lo cual determinó en forma directamente proporcional la fluctuación observada en la población del polinizador *E. kamerunicus*, ya que éstas representan la principal fuente de alimento y abrigo a las larvas en desarrollo y durante el resto de su ciclo de vida (Alpizar 1998).

En cuanto a las IFA se encontró correlación significativa con el número de individuos de *E. kamerunicus* ( $r=0,8945$ ;  $P=0,0001$ ) y *E. subvittatus* ( $r=0,7761$ ;  $P=0,0030$ ) (figura 7) en Palmeras Diana y con *E. kamerunicus* ( $r=0,7920$ ;  $P=0,0021$ ) en Palmeras el Puerto (figura 8).

El porcentaje de insectos contabilizados en las IFA fue 24,07%, menor que el de las IMA (75,92%). A este respecto se debe señalar que el olor a anís producido por las IM e IF actúa como atrayente de los insectos hacia ellas; sin embargo, la esencia producida por las IMA es emitida continuamente, mientras que la de las IFA es intermitente durante el período de su receptividad, además el primero es más penetrante para el olfato, esto explica el porque los insectos que visitaron a las IFA aparecieron en pequeñas manadas y rápidamente se alejaron de éstas pues no pudieron obtener ni alimento ni un lugar para la oviposición. (Syed 1979). Un estu-

do de la primera es más penetrante por el olor, esto explica el hecho de que los insectos que visitaron a las IFA aparecieron en pocas manadas y rápidamente se alejaron de ellas porque no pudieron obtener ni alimento ni un lugar para la oviposición (Syed, 1979). Otro estudio relacionado dice que el número de insectos que visitaron a una inflorescencia femenina era aproximadamente 1/15 de los que visitaron a la inflorescencia del otro sexo (Kevan *et al.*, 1986).

**Pollinator's population and its relationship with climate.** This is an important aspect that could explain the decrease in number of normal fruits formed in a bunch and consequently the low oil extraction that occurs in some period of year. Researchers point out that pollinator population in oil palm vary in a wide way through space and time, depending on climatic factors, by giving as a result fluctuations on number of normal fruits from the total of bunch fruits (Mariau and Genty, 1988).

En Palmeras el Alamo a positive and highly significant correlation between *E. kamerunicus* in MIA and rainfall ( $r=0.9014$ ;  $P=0.0001$ ) and between collected in FIA and rainfall ( $r=0.6216$ ;  $P=0.0309$ ) was found (figura 9). This shows that its populations were favored in times of higher rainfall, which could be related to a high MI availability during humid season (Prada *et al.*, 1998).

Between temperature and *E. kamerunicus* a significant correlation was also found in MIA and in FIA ( $r=0.6546$ ;  $P=0.0209$  and  $r=0.6645$ ;  $P=0.0184$ ) respectively, which shows that its population also could be

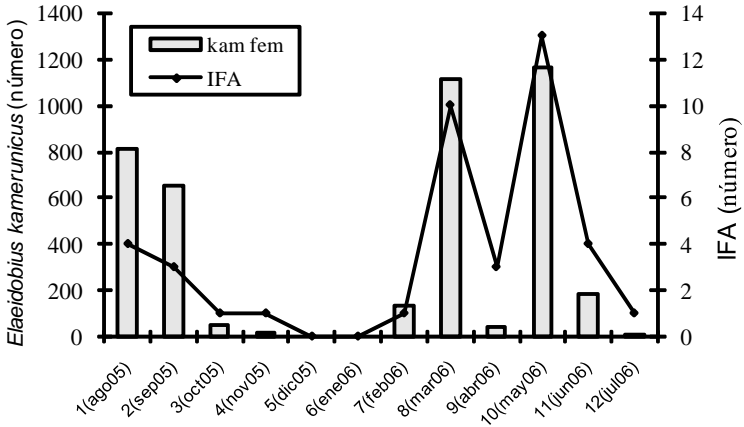


Figura 7. Relación entre la población de *E. kamerunicus* (kam fem) y el número de inflorescencias femeninas en antesis (IFA) de palma aceitera por fecha de muestreo en Palmeras Diana.

Figure 7. Relationship between population of *E. kamerunicus* (kam fem) and number of female inflorescences in anthesis (FIA) of oil palm by sampling date in Palmeras Diana.

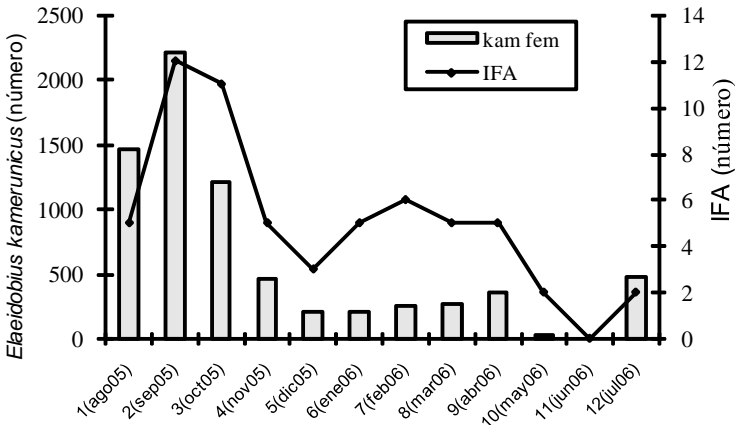


Figura 8. Relación entre la población de *E. kamerunicus* (kam fem) y el número de inflorescencias femeninas en antesis (IFA) de palma aceitera por fecha de muestro en Palmeras el Puerto.

Figure 8. Relationship between population of *E. kamerunicus* (kam fem) and number of female inflorescences in anthesis (FIA) of oil palm by sampling date in Palmeras El Puerto.

dio al respecto, señala que el número de insectos que visitaron a una inflorescencia femenina fue aproximadamente 1/15 de los que frecuentaron las inflorescencias del otro sexo (Kevan *et al.*, 1986).

**Población de los polinizadores y su relación con el clima.** Este es un aspecto importante que podría explicar en gran medida la disminución en el número de frutos normales formados en un racimo y por ende la baja extracción de aceite que ocurre en algunas épocas del año. Investigadores señalan que la población de polinizadores en palma aceitera varía ampliamente a través del espacio y el tiempo dependiendo de los factores climáticos, resultando en fluctuaciones en el número de frutos normales del total de los frutos del racimo (Mariau y Genty 1988).

En Palmeras el Alamo se encontró una correlación positiva y altamente significativa entre *E. kamerunicus* en las IMA y la precipitación ( $r=0,9014$ ;  $P=0,0001$ ) y entre los recolectados en las IFA y la precipitación ( $r=0,6216$ ;  $P=0,0309$ ) (figura 9). Lo anterior indica que sus poblaciones fueron favorecidas en las épocas de mayor precipitación, lo que a su vez podría estar asociado a una mayor disponibilidad de IM durante la época húmeda (Prada *et al.*, 1998).

Entre la temperatura y *E. kamerunicus* también se consiguió una correlación significativa en las IMA y en las IFA ( $r=0,6546$ ;  $P=0,0209$  y  $r=0,6645$ ;  $P=0,0184$ ) respectivamente, esto demuestra que su población también pudo verse afectada por la temperatura, prefiriendo las temperaturas más altas, se registró más de

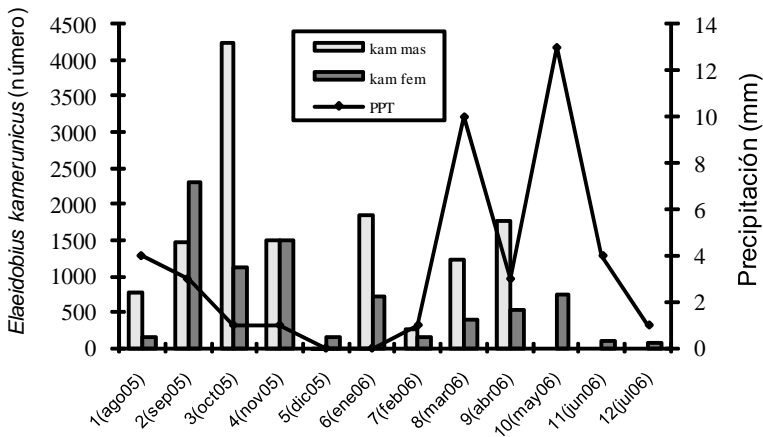
affected by temperature, by preferring the higher temperatures, more than 8°C of difference were registered between the warmest month and the low warm.

These results confirmed those obtained in a research carried out for studying variation in populations of pollinator *E. kamerunicus* introduced in India, in where was concluded that its population was higher during humid months and lower during dry months (Dhileepan and Nampoothiri, 1989). For the rest of captured pollinators, correlation with any of climatic variables was observed.

In Palmeras el Puerto it was observed that the higher levels of *E. kamerunicus* are present during months of higher rainfall (figure 10); nevertheless, when higher rainfall was observed during May (239.53mm) insect population decreased to lower levels, so, its capture did not could be accomplished with the used method. Some studies showed that these insects are affected by so high rainfalls and they scarcely visit to FIA in the most rainy days (Syed, 1979). In areas in where dry season remain more than 4 months, population of *E. kamerunicus* fluctuated, by reaching its lower levels in this time, *E. kamerunicus* is adapted to humid season, but its behavior in dry season have been little studied (Dhileepan and Nampoothiri, 1989).

## Conclusions

Species of more important pollinator's insects identified were *E. kamerunicus*, *E. subvittatus* and *M. costaricensis*. *E. kamerunicus* was the



**Figura 9. Relación entre la población de *E. kamerunicus*, en inflorescencias masculinas en antesis (kam mas) y femeninas en antesis (kam fem) y la precipitación (PPT) en mm por fecha de muestreo en Palmeras el Alamo.**

**Figure 9. Relationship between the population of *E. kamerunicus*, in male (kam mas) and female inflorescences in anthesis (kam fem) and rainfall (PPT) in mm by sampling date in Palmeras El Alamo.**

8°C de diferencia entre el mes más cálido y el menos cálido.

Estos resultados confirmaron los obtenidos en una investigación hecha para estudiar la variación en las poblaciones del polinizador *E. kamerunicus* introducido en la India, donde se concluyó que su población fue más alta durante los meses húmedos y más baja durante los meses secos (Dhileepan y Nampoothiri 1989). Para el resto de los polinizadores capturados no se observó correlación con ninguna de las variables climáticas consideradas.

En Palmeras el Puerto se evidenció que los mayores niveles de *E. kamerunicus* se presentan durante los meses de mayor precipitación (figura 10); sin embargo, cuando se produjo

more efficient pollinator, in relation to the other collected insects, by being found in higher quantity in FIA in all the samplings and in the three plantations studied.

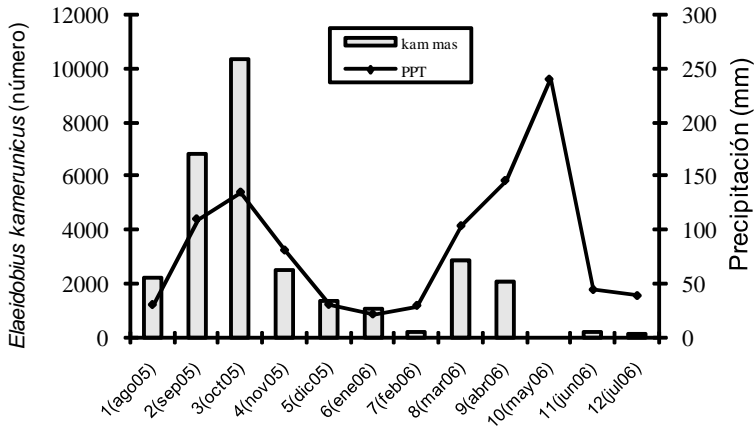
Pollinator's population directly depends on presence of MI by being these specific places of feeding and oviposition.

Rainfall was the variable climatic that more affected the number of MIA and FIA and so, the pollinators population, because it is necessary to evaluate the influence of climatic variables during the process of sexual differentiation, since they could cause a higher effect during the anthesis period.

*End of english version*

la precipitación más alta en el mes de mayo (239,53mm) la población del insecto disminuyó a niveles tan bajos que su captura no pudo realizarse con el método empleado. Algunos estudios indicaron que estos insectos se ven afectados por precipitaciones muy altas y visitan muy poco a las IFA en días muy lluviosos (Syed 1979). En

áreas donde la época seca duró más de 4 meses, la población de *E. kamerunicus* fluctuó, alcanzando sus niveles más bajos en esa época, *E. kamerunicus* está adaptado a la época húmeda, pero su comportamiento en las épocas secas ha sido poco estudiado (Dhileepan y Nampoothiri 1989).



**Figura 10. Relación entre la población de *E. kamerunicus* en inflorescencias masculinas (kam mas) y la precipitación (PPT) en mm por fecha de muestreo en Palmeras el Puerto.**

**Figure 10. Relationship between the population of *E. kamerunicus* in male inflorescences (kam mas) and rainfall (PPT) in mm by sampling date in Palmeras El Puerto.**

## Conclusiones

Las especies de insectos polinizadores más importantes identificadas fueron *E. kamerunicus*, *E. subvittatus* y *M. costaricensis*. *E. kamerunicus* fue el polinizador más eficiente, con relación a los otros insectos recolectados, por encontrarse en mayor cantidad en las IFA en to-

dos los muestreos y en las tres plantaciones estudiadas.

La población de los polinizadores depende directamente de la presencia de IM por ser éstas su sitio específico de alimentación y oviposición.

La precipitación fue la variable climática que más afectó el número de IMA e IFA y por ende a la población de polinizadores, por esto es ne-

cesario evaluar la influencia de las variables climáticas durante el proceso de diferenciación sexual, ya que pueden causar un efecto mayor que durante el período de antesis.

## Literatura citada

- Alpizar, G. 1988. Polinización de la palma aceitera. Primer curso sobre el cultivo de la palma aceitera. INAGRO-Foncopal-ASD Costa Rica, S.A., San Felipe, Yaracuy. Venezuela. pp.1-4.
- Bulgarelli, J., C. Chinchilla y R. Rodríguez. 2002. Inflorescencias masculinas, población de *Elaeidobius kamerunicus* (Curculionidae) y calidad de la polinización en una plantación comercial joven de palma aceitera en Costa Rica. ASD Oil Palm Papers, No. 2, pp. 1-18
- Caudel, R., D. Hunt, A. Reid, A. Mesah y C. Chinchilla. 2005. Polinización por insectos en palma de aceite: Una comparación de la viabilidad y sostenibilidad a largo plazo de *Elaeidobius kamerunicus* en Papua Nueva Guinea, Indonesia, Costa Rica y Ghana. Palmas 26(1):29-46.
- Chinchilla, C. y D. Richardson. 1990. Polinización en palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Centroamérica. Turrialba 40(4):452-460.
- Dhileepan, K. y K. Nampootheri. 1989. Pollination potential of introduced weevil, *Elaeidobius kamerunicus*, in oil palm (*Elaeis guineensis*) plantations. Indian Journal of Agricultural Sciences 59(8):517-521.
- Ewel, J. y A. Madriz. 1976. Zonas de vida de Venezuela. MAC. 275 p.
- Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. 2006. La Agroindustria de la Palma de Aceite en Colombia. Oficina de comunicaciones de FEDEPALMA. Segunda Edición. Bogotá, D.C. Colombia. 32 p.
- García, L. 1994. Evaluación de algunos factores que inciden en la fecundación y formación de frutos en palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Santa Cruz, Estado Zulia. Tesis de grado de la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago. Cota TG-0081 ING.
- Kevan, P., N. Hussein, N. Hussey y M. Wahid. 1986. Modelling the use of *Elaeidobius kamerunicus* for pollination of oil palm. Planter 62:89-99.
- Mariau, D. y P. Genty. 1988. IRHO contribution to the study of oil palm insect pollinators in Africa, South America and Indonesia. Oléagineux 43(6):238-240.
- Pérez, C. y J. González. 1993. Entomofauna asociada al cultivo de la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Casigua El Cubo, estado Zulia. Tesis de grado Universidad Central de Venezuela. Maracay. Venezuela. 170 p.
- Prada, M., D. Molina, D. Villarroel, R. Barrios y A. Díaz. 1998. Efectividad de dos especies del género *Elaeidobius* (Coleoptera: Curculionidae) como polinizadores en Palma Aceitera. Bioagro 10(1):3-10.
- Salas, R. 1992. La palma aceitera africana. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Universidad Central de Venezuela. 168 p.
- SAS. Institute, Inc. 2005. V. 9.1
- Syed, R. 1979. Studies on oil palm pollination by insects. Bulletin of Entomological Research 69:213-224.
- Sheaffer, R. y W. Mendenhall. 1986. Elementos de muestreo. Grupo Editorial Iberoamérica. México. Pp. 39-45.
- Zenner, I. y F. Posada. 1992. Manejo de insectos, plagas y benéficos de la palma africana. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. pp. 98-105.