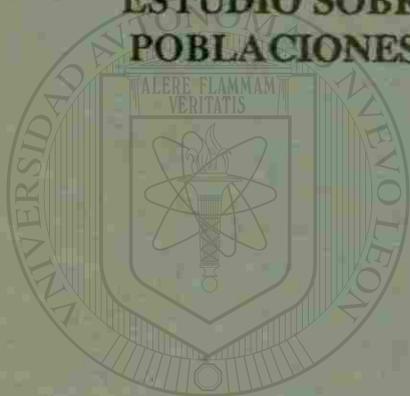


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



ESTUDIO SOBRE EL DESARROLLO PRE-GRAVIDO EN
POBLACIONES URBANAS DE *Aedes Aegypti* (L.) EN
MONTERREY, MEXICO.



UANL

TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN ENTOMOLOGÍA MÉDICA
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

PRESENTA

BIOL. NORMA CAROLINA BRICEÑO DAVILA

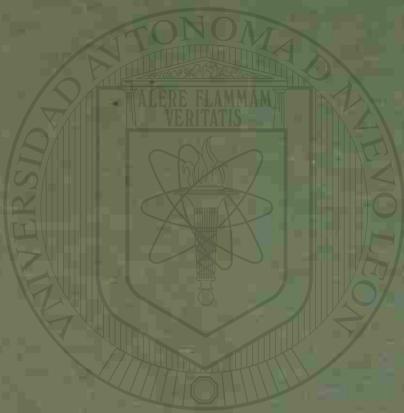
MONTERREY, N.L.

JULIO 1996





1080072413



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



**ESTUDIO SOBRE EL DESARROLLO PRE-GRAVIDO EN
POBLACIONES URBANAS DE *AEDES AEGYPTI* (L.) EN
MONTERREY, MEXICO.**



UANL
TESIS

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN
ENTOMOLOGIA MEDICA**

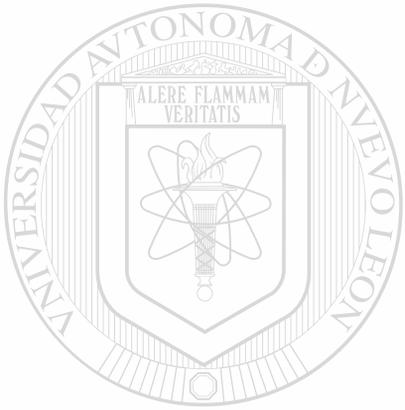
PRESENTA

BIOL. NORMA CAROLINA BRICEÑO DAVILA

MONTERREY, N.L.

JULIO 1996

TM
RA639
.5
B7



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**"ESTUDIO SOBRE EL DESARROLLO PRE-GRAVIDO EN
POBLACIONES URBANAS DE *Aedes Aegypti* (L.) EN
MONTERREY, MEXICO".**

TESIS

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO
EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN
ENTOMOLOGIA MEDICA**

PRESENTA

BIOL. NORMA CAROLINA BRICEÑO DAVILA

COMISION DE TESIS:

**M.C. FILIBERTO REYES VILLANUEVA
PRESIDENTE**

**M.C. ROBERTO MERCADO HERNANDEZ
SECRETARIO**

**DR. ILDEONSO FERNANDEZ SALAS
VOCAL**

MONTERREY, NUEVO LEON

JULIO DE 1996

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**"ESTUDIO SOBRE EL DESARROLLO PRE-GRAVIDO EN
POBLACIONES URBANAS DE *Aedes Aegypti* (L.) EN
MONTERREY, MEXICO".**

TESIS

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO
EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN
ENTOMOLOGIA MEDICA**

PRESENTA

BIOL. NORMA CAROLINA BRICEÑO DAVILA

COMISION DE TESIS:

**M.C. FILIBERTO REYES VILLANUEVA
PRESIDENTE**

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**M.C. ROBERTO MERCADO HERNANDEZ
SECRETARIO**

**DR. ILDEONSO FERNANDEZ SALAS
VOCAL**

MONTERREY, NUEVO LEON

JULIO DE 1996

DEDICATORIA

Con todo mi amor y respeto a mis padres, quienes siempre me han brindado lo mejor de sí mismos, para proyectarme como persona ante la sociedad apoyándome en todas mis decisiones, como profesional para brindar un mejor futuro a mi país, Nicaragua, y como hija recibiendo su comprensión, respeto y amor.

GUILLERMO Y ELIDA

A mis queridos hermanos

Enna, Julio, Olimpia, Mirtha, Rosario, Ligia y Tania

Por el amor que nos une, la confianza y apoyo incondicional que me han brindado siempre.

A mis sobrinos y cuñados

De quienes sólo he recibido cariño.

Muy especialmente, con todo mi amor y respeto a mi hija

Denisse Carolina

Quien a su corta edad siempre tuvo paciencia y comprensión, apoyándome en las decisiones de los momentos más difíciles, lo que me fué de gran estímulo para seguir adelante.

A Dios

Por permitirme llegar a concluir una etapa más en mi vida.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

A la **Organización Panamericana de la Salud OPS / OMS**, por haberme permitido realizar mis estudios, contribuyendo a mi superación profesional y apoyo a mi país, NICARAGUA.

Al **Ministerio de Salud de Nicaragua (MINSA)** por darme la oportunidad de realizar mi estudio de Maestría, especialmente al Dr. Francisco Acevedo (Responsable. Nacional del Programa de Enfermedades Transmisibles por Vectores) quien me brindó su confianza en todo momento.

Al M. en C. **Filiberto Reyes Villanueva** por haberme brindado su asesoría, experiencia y tiempo para la realización de este trabajo.

A **todos mis compañeros de trabajo** quienes confiaron en mi y me han brindado su comprensión, para permanecer en este hermano país, México.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

AGRADECIMIENTOS

AL Dr. Idefonso Fernandez Salas, por sus enseñanzas como maestro y participación en la Comisión de Tesis.

Al M en C. Roberto Mercado Hernández, por su accesibilidad para asesorarme en los análisis estadísticos del estudio, por su valiosa amistad y participación en la Comisión de Tesis.

A los catedráticos que contribuyeron en mi formación como Entomólogo Médico, Dr. Humberto Quiróz, Dr. Ricardo Fuentes Pensamiento, Dr. Rahim Foroughbakhch, M.C.Gabino Rodriguez y M.C.Alfonso Flores Leal.

Al M.C Juan Manuel Adame Rodriguez por ser el amigo incondicional.

A mi pequeña pero valiosa familia regio-montana: Eugenia y el Güero, Zinnia "María" y el "Maestrísimo" Lucio.

A mis hermanas mexicanas Adriana Solís y Yolanda Rodríguez de quienes sólo recibí apoyo y buenos consejos.

A mis buenas amigas Adriana Flores, Norma, Hortencia, Cecilia, Blanca con quienes compartí alegrías y tristezas.

A mis compañeros y amigos de generación los que de alguna manera contribuyeron a mi superación personal y profesional: Armando Ulloa, Héctor Orta , Armando Saldívar, Jorge Martínez, Ezequiel Magallón, Jaime Abraham y Salvador Flores (CHAVITA) por su amistad y apoyo.

A todos mis nuevos compañeros de Maestría quienes siempre me alentaron a seguir adelante.

A Doña Maxi y demás personas de las colonias por brindarme siempre su apoyo y su casa para la realización de las colectas.

A doña Irmita quien estuvo alentándome en todo momento con "cafecito" y mucho cariño.

A todas las personas que de alguna manera me apoyaron y que involuntariamente e omitido.

INDICE

RESUMEN	i
I- INTRODUCCION	1
II- OBJETIVOS	3
III- HIPOTESIS	3
IV- JUSTIFICACION	4
V- ANTECEDENTES	5
5. 1- Origen y descripción de los conceptos propuestos para describir las interacciones gonotróficas en mosquitos.	5
5. 2- Variaciones gonotróficas en <i>Aedes aegypti</i>	8
5. 2. 1- Volumen umbral	8
5. 2. 2- Tamaño corporal	9
5. 2. 3- Estado nutricional	11
5. 2. 4- Efectos de los carbohidratos	12
5. 3- Tamaño corporal y su importancia epidemiológica en <i>Aedes aegypti</i>	14
5. 4- Tasa de digestión sanguínea en <i>Aedes aegypti</i>	14
VI- MATERIALES Y METODOS	16
6. 1- Area de estudio	16
6. 2- Colecta de mosquitos	16
6. 2. 1- Hembras nulíparas colectadas como pupas en recipientes	16
6. 2. 2- Hembras hambrientas en intradomicilio	17
6. 2. 3- Hembras en reposo intradomiciliar	17
6. 2. 4- Efecto de la inseminación sobre la tasa de pre-gravidez	18

6. 2. 5- Disección de mosquitos y determinación de la tasa de pre-gravidez	18
6. 3- Uso de un modelo probabilístico para predicción de hembras pre-grávidas	19
VII- RESULTADOS	20
7. 1- Tasa de pre-gravidez, estados de Sella, Christophers y estructura de edades de nueve muestras de <i>Aedes aegypti</i>	20
7. 2- Distribución de frecuencias de hembras pre-grávidas de acuerdo a su longitud alar para cada una de las muestras	22
7. 2. 1- Hembras colectadas en tambos y llantas, alimentadas con sacarosa - sangre	22
7. 2. 2- Hembras colectadas en tambos y llantas, alimentadas con sangre	23
7. 2. 3- Hembras capturadas en reposo intradomiciliar	23
7. 2. 4- Hembras de capturas con cebo humano	24
7. 3- Efecto de la inseminación y sacarosa sobre la pre-gravidez	24
7. 4- Estimación de un modelo probabilístico para predicción de pre-grávidas a partir de una muestra	25
7. 5- Validación teórica del modelo usando el "Índice de Desarrollo Pre-grávido"	25
VIII- DISCUSION	26
8. 1- Concepto de tasa de pre-gravidez usado en el estudio	26
8. 2- Tasas de pre-gravidez observadas	27
8. 3- Comparación del tamaño corporal de hembras totales y pre-grávidas en nueve muestras	30
8. 4- Predicción del número de pre-grávidas en una muestra a partir del "Índice de Desarrollo Pre-grávido"	32
IX- CONCLUSIONES	33
X- LITERATURA CITADA	34
XI- ANEXO (TABLAS Y FIGURAS)	39

RESUMEN

Se determinó la tasa de pre-gravidez y rango de variación del tamaño corporal de hembras de *Aedes aegypti* en poblaciones urbanas. Se obtuvieron nueve muestras de 60 mosquitos cada una, formadas por hembras nulíparas colectadas como pupas en tambos y llantas, hembras hambrientas colectadas con cebo humano y hembras en reposo intradomiciliar. Los mosquitos fueron alimentados a replesión con sangre humana 48 hr antes de la disección para conocer el grado de desarrollo ovárico e inseminación. Las hembras que presentaron los estados I, II y IIIa de Christophers y los estados de Sella VI y VII fueron consideradas como pre-grávidas. La longitud alar (mm) fue medida como un índice del tamaño corporal. De 540 mosquitos, 115 fueron hembras pre-grávidas (21%) con una media alar de 2.63 ± 0.02 mm, y un rango de 2.04 - 3.24 mm. La tasa promedio de pre-gravidez en siete muestras de mosquitos alimentados sólo con sangre humana fue de 23%. El rango total del estimador (en las nueve muestras) fué de 8 - 28%. Hubo diferencias significativas al comparar la media alar de las hembras pre-grávidas de las nueve muestras. Las más pequeñas presentaron una media alar de 2.49 ± 0.05 mm (hembras hambrientas) con un rango de 2.04 - 2.82mm y las más grandes presentaron una media de 2.78 ± 0.10 mm (hembras en reposo) con un rango de 2.08 - 3.20 mm. Las nulíparas y paridas pre-grávidas se presentaron en un 86% y 22% respectivamente. El 79% de las pre-grávidas nulíparas y paridas estaban en estado I de Christophers por lo que iban a necesitar al menos tres alimentaciones completas para madurar huevos. La pre-gravidez fue independiente de la inseminación ($X^2 = 0.868$, $0.30 < P < 0.35$). Así mismo, resultó independiente de la alimentación con sacarosa ($X^2 = 2.95$, $0.05 < P < 0.10$). La proporción de hembras con desarrollo vitelogénico fue de 69% (estados del IIIb al V de Christophers) y 9.6% de hembras no pre-grávidas (estados I- II de Christophers y estados de Sella del II al V). Finalmente, se encontró un modelo probabilístico para predecir con confiabilidad aceptable ($P\alpha=0.05$) el número de hembras pre-grávidas en campo, basado en la función de "Índice de desarrollo pre-grávido" $\{[\text{Hembras totales } (<2.9\text{mm}) - \text{hembras } (> 2.9\text{mm})]^{-1} + 1\}$ como variable independiente y $[\log (\text{pre-grávidas} + 1)]$ como la dependiente. La ecuación de predicción fue $Y = 0.481 + 0.61X$, con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.54$.

I. INTRODUCCION

El dengue es la arbovirosis más importante en Salud Pública a nivel mundial. Se calcula que ocurren aproximadamente 100 millones de infecciones anualmente. En América ha sido en Cuba, Venezuela y Brasil, donde se han presentado muertes en los últimos años por este padecimiento (Halstead, 1992). En México, 1994, se reportaron 7,840 casos de dengue clásico en todo el país, incrementándose en 1995 hasta 11,604 casos. Así mismo, se han elevado los casos de dengue hemorrágico de 28 en 1994 a 355 en 1995. (Secretaría de Salud, 1995). En la zona metropolitana de Monterrey, N. L. el dengue clásico es muy común en Octubre y Noviembre, temporada después de las lluvias, las cuales inducen la proliferación de criaderos larvales del vector sobre cualquier recipiente artificial como latas, botellas y especialmente en tambos y llantas (Reyes-Villanueva, 1990).

En los ciclos de transmisión viral están involucrados múltiples factores extrínsecos e intrínsecos del vector. Dentro de estos últimos está la discordancia gonotrófica (Swellengrebel, 1929), donde la incidencia de comidas múltiples en el mismo ciclo gonotrófico incrementa la tasa de contacto vector-hombre y esto potencializa la capacidad vectorial. Las comidas múltiples pueden ser parciales (interrumpidas) ó completas (a replesión). Para las primeras el comportamiento defensivo de los hospederos provoca que los mosquitos tomen más de una comida parcial para alcanzar su volumen umbral (Klowden y Lea 1979, De Xue et al. 1995). En *Aedes aegypti* se han reportado hasta cuatro comidas detectables en un período de 48 h (Scott et al. 1993). Para las poblaciones de Monterrey se ha reportado un 32% de hembras involucradas en alimentaciones múltiples, es decir, hembras con sangre roja y no grávidas en búsqueda de una nueva ingesta, así como grávidas con sangre fresca (Salas -Luévano y Reyes -Villanueva, 1994). No obstante, en Tailandia, se ha observado hasta un 72% de hembras con alimentaciones parciales múltiples (Yasuno y Tonn, 1970).

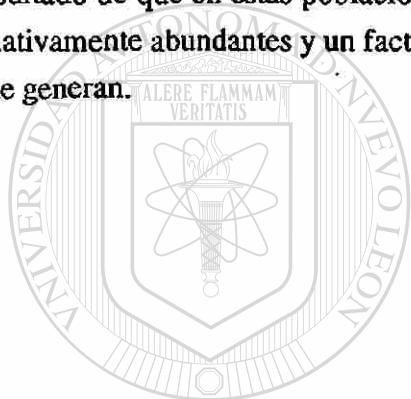
En relación a las comidas a replesión, éstas las requieren las hembras del segmento pre-grávido de la población vectora. Necesitan dos alimentaciones de sangre antes de desarrollar huevos maduros en un sólo ciclo gonotrófico. Este segmento poblacional está compuesto principalmente por nulíparas, aunque también lo conforman hembras paridas, pero en proporciones muy bajas. A éstas hembras se les conoce como pre-grávidas y a su proporción poblacional, tasa de pre-gravidez (Gillies, 1955).

No obstante la gravedad del dengue y los numerosos estudios que se han hecho sobre la bionomía de *Aedes aegypti*, sólo existen dos reportes sobre la pre-gravidez en este vector

(MacDonald 1956, Feinsod y Spielman, 1980) a partir de una muestra muy pequeña y usando mosquitos criados en el laboratorio. Hasta la fecha, no se tiene un estimador para hembras de campo, del número de comidas sanguíneas completas por ciclo gonotrófico.

Por otro lado, una hembra que se alimenta dos veces a replesión, tiene una mayor competencia vectorial que aquellas que toman dos a tres comidas parciales. En una sola comida a replesión una hembra puede ingerir hasta 5 μ l de sangre, mientras que una hembra con una comida parcial puede ingerir 1-2 μ l. Si ambas hembras se alimentaron sobre un enfermo de dengue en su etapa febril de mayor viremia, la hembra pre-grávida ingeriría en 48 hr, el doble de volumen de sangre virémica que una normal. Así, también tiene una mayor de probabilidad de infectarse y de ser infecciosa.

Lo expuesto anteriormente tiene un gran significado epidemiológico. La aparición de epidemias de dengue sin una congruencia con altas poblaciones del vector, puede ser el resultado de que en estas poblaciones aparentemente bajas, las hembras pre-grávidas sean relativamente abundantes y un factor importante dada la alta tasa de contacto vector-hombre que generan.



UANL

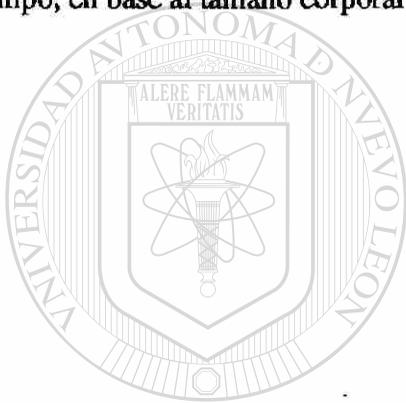
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

II. OBJETIVOS

1. Determinar la tasa de pre-gravidez (% de hembras pre-grávidas) en muestras de poblaciones urbanas de *Aedes aegypti*, en base a los estados de Christophers, Sella y edad fisiológica.
2. Conocer el rango de variación del tamaño corporal, expresado en longitud alar (mm) de las hembras pre-grávidas.
3. Determinar el efecto de la inseminación y alimentación con sacarosa sobre la pre-gravidez.
4. Encontrar un modelo probabilístico para predecir la tasa de pre-gravidez en poblaciones de campo, en base al tamaño corporal (longitud alar en mm) de las hembras.



III. HIPOTESIS

Existen hembras de *Aedes aegypti* con una amplia variación del tamaño corporal y estado nutricional, de tal manera que las de menor tamaño, que emergen de hábitats en condiciones de hacinamiento y alta competencia larvaria por alimento y espacio, carecen de suficientes reservas nutricionales y tenderán a requerir dos alimentaciones sanguíneas a replesión para madurar los huevos en un sólo ciclo gonotrófico. Las hembras con longitudes alares intermedias y grandes, son adultos con suficientes reservas en el cuerpo graso como para que sus folículos se desarrollen hasta el estado de reposo (II de Christophers), y con una ingesta de sangre, lograrán un desarrollo completo. Por lo anterior, la abundancia relativa de hembras pequeñas en una muestra, puede usarse para inferir sobre el número de pre-grávidas en la misma.

IV. JUSTIFICACION

En la actualidad, prácticamente no existe ningún estudio sobre el comportamiento del grupo pre-grávido y su relación con el tamaño corporal en las poblaciones de campo de *Aedes aegypti* a nivel mundial, excepto un trabajo realizado por MacDonalld en 1956, donde reportó tasas de pregravidéz para una población muy pequeña (33 hembras) de mosquitos en reposo intradomiciliar en Asia y otra población de hembras colonizadas. Estudios de campo realizados en anophelinos, han demostrado que este segmento pre-grávido juega un papel muy importante en la transmisión de patógenos, dado el incremento en la capacidad vectorial del vector al aumentar la tasa de picadura.

En el presente estudio se determinó la tasa de pregravidéz de hembras de *Aedes aegypti*, y su asociación con el tamaño corporal (expresado en la longitud alar en mm) durante los picos de mayor densidad poblacional del vector (Mayo-Junio y Octubre-Noviembre), las cuales coinciden con la mayor incidencia de casos de dengue en la zona metropolitana de Monterrey, N. L.

V. ANTECEDENTES

5. 1. ORIGEN Y DESCRIPCION DE LOS CONCEPTOS PROPUESTOS PARA DESCRIBIR LAS INTERACCIONES GONOTROFICAS EN MOSQUITOS.

Usualmente los mosquitos presentan un modo cíclico de reproducción que se inicia con la ingestión de una comida sanguínea, continúa con el desarrollo folicular hasta completar la formación de huevos y la correspondiente ovipostura marcando el fin de este ciclo. En este tiempo la hembra está lista para una siguiente alimentación sanguínea (Lehane, 1991). Sin embargo, influyen las condiciones del medio ambiente, tales como temperatura, fotoperíodo y sobretodo el grado de hacinamiento y la calidad de la nutrición larvaria, sucediendo así variaciones gonotróficas.

En el período de 1925-1950, fueron propuestos y descritos los términos de concordancia, disociación y discordancia gonotrófica para explicar variantes en la relación digestión-reproducción en anophelinos, que generaron cierta controversia entre los investigadores de la época. No obstante, en los últimos 15 años y en la actualidad, estos conceptos se presentan más claros debido a la acumulada información respecto a la fisiología gono-digestiva de los mosquitos, cabe destacar que ningún libro de la especialidad, ni clásico ni actual, toca el tema de la pre-gravidez. Es más, aún el tratado de Clements (1992) sobre "The Biology of Mosquitoes" ni siquiera se menciona el término de pre-gravidez. Por esta razón se consideró necesario hacer una reseña de los orígenes y evolución de los conceptos.

Rao en 1947, definió disociación y concordancia gonotrófica, señalando que ambos en realidad fueron propuestos por Swellengrebel (1929) y Swellengrebel y de Buck (1938). En su publicación, Rao describió concordancia gonotrófica como el "hábito del mosquito de mantener las funciones de reproducción y nutrición secuencialmente, indicando que ambas pueden ocurrir juntas o bien que pueden ser suspendidas al mismo tiempo". También describió el término de disociación gonotrófica como el "fenómeno que se presenta en ciertas especies hibernantes de *Anopheles* donde se desconectan las dos funciones, indicando que los mosquitos continúan alimentándose pero con su actividad sexual suspendida". Al mencionar actividad sexual lo hace refiriéndose al desarrollo ovárico.

Este último concepto, Clements en 1963, lo explica citando las observaciones de de Buck y Swellengrebel (1934) y Swellengrebel y de Buck (1938). Mencionó que las hembras de *Anopheles labranchiae atroparvus* que hibernan en los establos, no desarrollaron un

cuerpo graso grande al alimentarse de jugos vegetales durante el otoño, aunque al tomar comidas sanguíneas ocasionales durante el invierno, si desarrollan cuerpo graso pero no lo suficientemente grande como para sobrevivir por un largo período de tiempo. Los ovarios no se desarrollaron después de estas comidas sanguíneas, de tal manera que las hembras no presentaron la serie de eventos que normalmente le siguen a una comida de sangre.

Sin embargo, observaron que al mantener los mosquitos a 26°C, sí desarrollaban sus ovarios después de tres o cuatro comidas de sangre en Octubre y Noviembre, y después de una comida, en Febrero. Esta característica fue considerada típica de hembras hibernantes.

Otras observaciones con hembras hibernantes de *Anopheles maculipennis messeae*, permitieron conocer que éstas no ingerían sangre durante el invierno, pero al aumentar la temperatura se estimulaba la ingesta sanguínea y demostraron que, un mínimo de tres alimentaciones fueron requeridas en Octubre y Noviembre antes de desarrollar huevos. No obstante, al final del invierno o después de un período largo de calor, los ovarios se desarrollaron después de una sola comida (de Buck y Swellengrebel, 1934).

Al respecto, Clements (1963) comentó que claramente hubo una disociación entre el desarrollo de los ovarios y la alimentación, aunque los autores consideraron que la digestión era anormal en estos mosquitos durante los primeros meses del invierno. A pesar de esta inquietud por la digestión, (la cual no fue estudiada en detalle por los autores), el suceso fue considerado como una disociación gonotrófica, pero actualmente se sabe que se trataba de hembras pre-grávidas.

Por otro lado, Mer (1936), hizo una aportación importante acerca de los estados de desarrollo ovárico de *Anopheles elutus*, donde claramente demostró que las hembras pequeñas, privadas de nutrientes, cesan el desarrollo del folículo en el estado I. En cambio los folículos de los mosquitos más grandes bien alimentadas generalmente se desarrollan hasta el estado II y son capaces de vitelogénesis. También mencionó que el paso del estado I al II puede estimularse por ingestión de azúcar o sangre. Esta aportación es prácticamente una descripción detallada de la pregravidéz, sin embargo en ese año, el término no había sido conceptualizado. Aún así, puede considerarse como el primer reporte de esa característica fisiológica para hembras pobremente nutridas, de anophelinos.

Ante estas dudas presentadas en esa época acerca de los términos, Clements (1963) sugirió mejor no usarlos.

Rao, en el mismo artículo de 1947, reportó la existencia de otro proceso observado en las hembras *Anopheles annularis* y *Anopheles culicifacies* en la India, las cuales después de haber tomado una comida de sangre, la digirieron completamente hasta que el abdomen regresó a su tamaño normal sin desarrollar huevos. El reporte menciona que el 20% de las hembras presentaron esta característica en cada una de las especies.

Aquí se planteó una controversia con de Buck y Swellengrebel (1934) puesto que no podía ser disociación gonotrófica. Rao consideró que esta condición no se describiera ni como disociación ni como concordancia gonotrófica, porque el desarrollo ovárico no ocurría después de una alimentación sino que dependía de alimentaciones repetidas. El propuso que esta era una condición intermedia a la cual llamó **discordancia gonotrófica**.

Actualmente se deduce que estaba refiriéndose a "hembras pre-grávidas" debido a que las ingestas sanguíneas fueron totalmente digeridas. En cambio en la discordancia, las hembras continúan alimentándose paralelamente al desarrollo ovárico.

Posteriormente, Gillies (1954), estudiando el desarrollo ovárico en *Anopheles gambiae* Giles, definió la discordancia gonotrófica como "un término usado para indicar la necesidad de comidas sanguíneas múltiples en el curso de un sólo ciclo gonotrófico", pero lo hizo sin citar al autor del concepto. Esta situación la observó aproximadamente en el 20% de las hembras capturadas en campo, y un año más tarde (Gillies, 1955) reportó el mismo porcentaje para *Anopheles funestus*.

Al disecar las hembras alimentadas cuando éstas ya habían digerido casi completamente la sangre, detectó dos grupos en la población: aquellas cuyo desarrollo ovárico procedió normalmente hasta el estado V de Christophers, y otras en las cuales el desarrollo no pasó del estado II. Al primer grupo lo señaló como compuesto por hembras grávidas, mientras que al segundo le aplicó el término de "pre-grávido". Este grupo estaba integrado principalmente por hembras recién emergidas. Y a la proporción del grupo pre-grávido de una población total de hembras recién alimentadas le llamó "tasa de pre-gravidez". Concluyó que debido al estado no desarrollado de los ovarios de las hembras recién emergidas (estado I de Christophers), una sólo comida sanguínea no fue suficiente para la maduración ovárica completa y que al menos requerían de dos para la producción de su primera masa de huevos. También sugirió que esta característica fisiológica podría usarse para reconocer al grupo de edad más joven entre un grupo de mosquitos recién alimentados,

El término de pre-gravidez, también ha causado controversia entre los autores que han estudiado a *Aedes aegypti*. Spielman (1971), definió la característica para *Anopheles gambiae* y *An. elutus* como adultos "super-anautogénicos", los cuales provenían de larvas

pobrementemente nutridas, y se refirió a la pre-gravidez como un "problema especial" de definición.

Feinsod y Spielman (1980), estudiando la fisiología reproductiva de hembras de *Ae. aegypti*, criadas bajo condiciones de hacinamiento, usaron el término de "doble anautogénia", para las hembras que requirieron dos comidas de sangre antes de madurar huevos.

Actualmente se conoce que la tasa de pre-gravidez de una población de mosquitos, tiene sus causas en la historia larval, ya sea por escasez de alimento en el hábitat o por sobrepoblación en el mismo. MacDonald (1956) explicó que esta causa pudo ser la razón de que las especies de campo estudiadas por Gillies (1954, 1955), necesitaran de dos comidas para ovogénesis.

Finalmente, Clements (1992) sin mencionar el término de pre-gravidez, señaló que un criterio para considerar a una hembra de cualquier especie, positiva para desarrollo de huevos, es que al diseccionarla después de haber digerido una comida sanguínea, tuviera sus folículos ováricos desarrollados mas allá del estado IIIa de Christophers.

5. 2. VARIACIONES GONOTROFICAS EN *Aedes Aegypti*.

En *Aedes aegypti* el desarrollo ovárico depende de muchos factores interrelacionados, entre los que destacan: a) el volumen de sangre ingerida, b) el tamaño corporal, c) estado nutricional de la hembra, y d) la ingestión de carbohidratos además de la comida sanguínea.

5. 2.1 Volumen umbral

El comportamiento defensivo del hospedero induce una alta incidencia de comidas parciales múltiples en un ciclo gonotrófico, hecho que ya ha sido bien documentado desde 1956 con MacDonald, por la abundancia de hembras grávidas capturadas con cebo humano (Yasuno y Ton, 1970; Trpis y Hausermann, 1986; Scott et al. 1993). Lo anterior se explica porque en este mosquito existe un volumen umbral de sangre por encima del cual se dispara el desarrollo ovárico y se inhibe el comportamiento de búsqueda del hospedero, causado por la distensión abdominal. Si la hembra no es capaz de alcanzar este umbral continuará la búsqueda del hospedero (Klowden, 1994). Al seguir hambrienta se comportará como una

hembra con discordancia gonotrófica, porque estará alimentándose y ovipositando casi al mismo tiempo.

Klowden y Lea (1979), reportaron un volumen umbral de 2.5 μ l para una colonia de laboratorio de *Aedes aegypti*. Esta cantidad de sangre requerida es influenciada por las variaciones intrínsecas (como el tamaño corporal y la edad fisiológica) y extrínsecas del individuo.

Una publicación más actual con *Ae. aegypti*, llevada a cabo por De Xue et al. (1995), demostraron que los volúmenes de sangre requeridos para inhibir la respuesta al hospedero, fueron mayores en las hembras paridas más viejas (10 días) (1.1 mg en las pequeñas con una media alar de 2.64 ± 0.13 mm y 1.2 mg en las grandes 2.98 ± 0.03 mm, respectivamente), que en las hembras nulíparas y jóvenes (5 días) que necesitaron 0.8 mg (para las pequeñas) y 1.0mg (para las grandes). En cambio, el volumen umbral para el desarrollo de huevos de las hembras pequeñas fue mayor en las más viejas (10d y paridas), las que requirieron de 1.0 mg para desarrollar el 100% de huevos, mientras que en las jóvenes (5d y nulíparas) el volumen fue de 0.9 mg. Sin embargo, con el umbral de las grandes ocurrió lo contrario, siendo mayor en las jóvenes nulíparas (1.0 mg) que en las viejas paridas (0.9 mg). También se reportaron que la frecuencia de comidas parciales múltiples fue mayor en las más grandes (viejas y paridas) que en las hembras pequeñas de la misma edad, donde no hubo diferencia entre viejas y jóvenes.

5. 2. 2. Tamaño corporal

Es ampliamente conocido que el tamaño corporal de los adultos de todas las poblaciones de mosquitos es muy variable en la naturaleza, dado el grado de hacinamiento larval al que estuvieron expuestos así como a la calidad y cantidad del alimento que tuvieron disponible en los criaderos. En *Ae. aegypti* ésto fue reportado por primera vez por Roubaud (1929).

Aunque la longitud alar se ha usado comúnmente como un estimador del tamaño corporal en mosquitos, para muchas especies no se ha encontrado una correlación significativa entre el tamaño alar y el peso (Siegel et al. 1992).

No obstante para una colonia de *Ae. aegypti*, Christophers (1960) si encontró una buena correlación entre el peso fresco y la longitud alar. Por lo tanto, dicha característica se considera un indicador confiable del tamaño corporal en este vector. El 81% de la variación ($R^2 = 0.81$) en la longitud alar (L) en mm fue explicada por la variación en el peso corporal

(W) en gramos, la cual fué descrita por la ecuación $L = 2.67 W^{0.28}$. El autor consideró que como el valor del intercepto era muy cercano a cero y porque el peso de un mosquito es "esencialmente equivalente a la tercera dimensión del volúmen", entonces el razonamiento fué que L se relaciona con $W^{0.33}$, o bien L^3 se relaciona con W. Por esta razón, muchos investigadores extrapolaron el modelo de Christophers para muchas otras especies, asumiendo incorrectamente de una manera a priori una correlación

Por otro lado, Van Handel y Day (1989) en un estudio con poblaciones de campo de este vector en Florida, encontraron una correlación altamente significativa entre la longitud alar y el contenido proteínico de las hembras; éste como un indicador del estado nutricional además de un estimador alternativo del tamaño corporal. El rango de la longitud alar fue de 2.2 - 3.4 mm, el de proteínas fue de 120 - 370 mg y el coeficiente de correlación fue de $r = 0.94 \pm 0.13$, $P < 0.0001$. Los autores concluyeron que el uso del contenido proteínico también es un estimador confiable del tamaño corporal para poblaciones de campo de *Ae. aegypti*.

Nasci (1986), reportó los tamaños corporales promedio expresados como longitud alar para diferentes poblaciones de campo de *Ae. aegypti*. Para hembras emergidas de pupas colectadas en llantas fue de 2.47 mm, mientras que las hembras capturadas con cebo humano fueron significativamente más grandes, con una media de 2.64 mm. El promedio alar de las hembras hambrientas nulíparas fue de 2.62 mm, mientras que las paridas hambrientas fueron más grandes con una media de 2.76 mm. Con esto demostró que las hembras más pequeñas no están bien representadas en las poblaciones de hembras hambrientas, por lo cual sugirió que los mosquitos más grandes son más exitosos para alimentarse y reproducirse que los pequeños.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En un estudio posterior, Nasci (1990) reportó que las cantidades de alimento: 0.8, 1.6 y 3.2 mg de polvo de hígado/larva, pueden ser considerados como una dieta baja, media y alta respectivamente, para producir un rango completo de tamaños corporales para *Aedes aegypti*.

De Xue et al. (1995), reportaron también que las poblaciones de campo de *Aedes aegypti* presentaron un rango alar de $\approx 1.8 - 3.2$ mm.

Feinsod y Spielman (1980), reportaron que hembras provenientes de criaderos hacinados y privados de nutrientes, tuvieron una longitud alar promedio de 2.9 mm, y que las hembras menores a esa longitud no fueron capaces de acumular vitelo después de una

ingesta sanguínea. Por otro lado, reportaron una media alar de 2.8 mm para las hembras colectadas como pupas en llantas y de hembras hambrientas de seis localidades, sugiriendo que estos mosquitos (por su tamaño corporal), pueden requerir de nutrientes antes de su primera ingesta sanguínea, para que desarrollen los folículos al estado previtelogénico. Estos nutrientes pueden ser sacarosa o bien sangre, es decir que las hembras colectadas en ese estudio fueron pre-grávidas; sin embargo los autores no mencionaron el término.

5. 2. 3. Estado nutricional

A nivel urbano, todos los recipientes que están funcionando como criaderos de *Ae. aegypti*, presentan una gran heterogeneidad en cuanto a tamaño, volúmen de agua, condiciones de luz, materia orgánica, etc., generando gran variación en el tamaño corporal y el estado nutricional de las hembras emergentes.

Clements (1992), consideró que una hembra recién emergida tiene sus folículos en fase previtelogénica con los estados I ó II de Christophers, según su estado nutricional como larva. Si la hembra proviene de una larva que creció bajo condiciones muy adversas, sus bajas reservas nutricionales larvales permiten que sus folículos se desarrollen solamente hasta el estado I, mientras que si tuvo acceso a suficiente alimento, sus reservas le permiten avanzar hasta el estado II de Christophers. Esto se relaciona también con el tamaño, porque las primeras tienden a ser pequeñas y las segundas grandes y vigorosas.

Es a este nivel que se expresa la pre-gravidez, tal y como fue descrita por Gillies (1955). El primer registro de esta característica fisiológica en *Aedes aegypti* fue realizado por Roubaud en 1929, denominando "hembras activas", (femelles actives) a las que desarrollaron huevos después de una ingesta sanguínea y "hembras frenadas" (femelles ralenties) a las que requerían de dos alimentaciones para completar ovogénesis, éstas procedían de larvas pobremente alimentadas y hacinadas.

Posteriormente fue MacDonald (1956), quien reportó una tasa de pre-gravidez de 79% para hembras de *Aedes aegypti* criadas en hacinamiento y con una dieta larval pobre. En cambio sólo un 6% reportó para hembras con una dieta óptima. Así mismo, observó que hembras colectadas en reposo intradomiciliar presentaron el 24% de pre-gravidez, después de una ingesta sanguínea a repleción. Sugirió que estas hembras con doble requerimiento de sangre, pueden constituir un factor importante en la explosión natural de epidemias de dengue y fiebre amarilla.

La primera investigación llevada a cabo con *Ae. aegypti* para conocer en detalle el efecto de la dieta del adulto sobre el desarrollo ovárico de hembras criadas en hacinamiento y con pocos nutrientes, fue el realizado por Feinsod y Spielman (1980). En dicho estudio se describió la incidencia de la pre-gravidez en este vector explicada en base a la historia larval, dieta y tamaño corporal (longitud alar) del adulto. Demostraron que hembras pequeñas (2.6 ± 0.3 mm) recién emergidas, criadas bajo condiciones de hacinamiento y ayunadas durante 3 días, permanecieron con una longitud folicular de $50 \mu\text{m}$ desde la emergencia; en cambio las hembras grandes (3.4 ± 0.1 mm) criadas sin hacinamiento continuaron el desarrollo folicular, de $82 \mu\text{m}$ al emerger, hasta $121 \mu\text{m}$ al tercer día de ayuno.

También, reportaron el crecimiento folicular después de una comida de sangre, donde las hembras pequeñas (<2.5 mm) alcanzaron una longitud folicular menor de $70 \mu\text{m}$ (denominadas tenerales). Las medianas (2.5 - 2.9 mm) desarrollaron los folículos entre 70 - $170 \mu\text{m}$ (previtelogénico) y las grandes (>2.9 mm) si alcanzaron la vitelogénesis, con un tamaño folicular mayor de $170 \mu\text{m}$.

Las categorías foliculares corresponden aproximadamente a los estados de Christophers I (para los tenerales), II y III(a) para los previtelogénicos y III(b) y resto de los estados, para los que alcanzan vitelogénesis. Sin embargo esto no aparece en la publicación original. La comparación se hizo en este estudio, usando los datos de Mahmood et al. (1991).

De acuerdo a estos resultados las hembras hacinadas que ingirieron una comida de sangre presentaron una pre-gravidez del 33%. Los autores demostraron el requerimiento de dos comidas sanguíneas con un segundo experimento, donde realimentaron a 44 hembras con una segunda comida y el 97% de ellas presentaron vitelogénesis. En cambio, de 66 hembras que tomaron azúcar como su segunda comida, ninguna pasó más allá del estado previtelogénico. El rango alar que presentaron los especímenes fué de 2.2 - 3.0 mm. A este requerimiento de dos comidas de sangre para lograr el desarrollo de una masa de huevos, los autores lo denominaron "**doble anautogénia**". Este nuevo término propuestos, implica que aún existe controversia con el concepto de pre-gravidez descrito por Gillies (1954), aún cuando se está describiendo la misma característica fisiológica.

5. 2. 4. Efecto de los carbohidratos

Una hembra típicamente anautogénica tiene un hábito alimenticio doble porque toma una comida de azúcares a partir de nectarios florales o extraflorales, y también una comida sanguínea de un vertebrado (O'Meara, 1985). Los azúcares proporcionan energía para vuelo y otras actividades no reproductivas (Van Handel, 1984), porque el desarrollo ovárico no

avanza mas allá del estado II de Christophers, hasta después que toma una comida sanguínea (Clements y Boocock 1984).

Estudios llevados a cabo por Jones y Madhukar (1976), demostraron que en *Ae. aegypti* las alimentaciones de azúcar inhiben temporalmente las ingestas sanguíneas.

Feinsod y Spielman (1980), estudiaron el desarrollo folicular de hembras subalimentadas como larvas, las cuales recibieron una alimentación de sacarosa a dos diferentes concentraciones (0.1M y 0.2 M) seguido por una ingesta de sangre. Demostraron que la sacarosa permitió el avance ovárico ya que el 64 y 65% de las hembras alcanzaron el estado vitelogénico para cada concentración de sacarosa. También observaron que en hembras alimentadas con agua y una comida a replesión de sangre, 32 hembras (97% de pregravidéz) no alcanzaron vitelogénesis. Así corroboraron que los mosquitos provenientes de criaderos hacinados requerían de una segunda comida de sangre para completar ovogénesis, cuando no hay ingestión previa de carbohidratos.

Otros estudios de campo llevados a cabo en Tailandia por Edman et al. (1992), demostraron que sólo el 3% de la población de hembras de *Aedes aegypti* colectadas en el área urbana, tenían evidencia de haber ingerido azúcares de las plantas. También reportaron que hembras grandes (media alar de 3.02 ± 0.08 mm) y pequeñas (2.12 ± 0.09 mm) recapturadas 24 hrs post-liberación, (sin haber ingerido azúcar antes de 36 ± 12 hrs entre la emergencia y la liberación) fueron encontradas negativas a la prueba de la antrona fría. Así mismo, reportaron que hembras previamente alimentadas con sacarosa y posteriormente liberadas, el 93% de las recapturadas 24hrs post-liberación, reaccionaron a la prueba de antrona fría con alta positividad y que al cuarto y quinto día de recaptura sólo el 5% fueron positivas.

Estos resultados demostraron que hay una retención prolongada de fructosa por esta especie urbana, por lo tanto los autores sugirieron que requieren menos energía que otras especies menos sedentarias (Magnarelli, 1979, 1983; Nasci y Edman, 1984; Reisen et al, 1986 y Van Handel y Day, 1990). Concluyeron que la carencia de alimentación de carbohidratos puede ser importante en la frecuencia de alimentaciones múltiples y en las alimentaciones de sangre no reproductivas que se han observado en esta especie.

Van Handel et al. (1994), demostraron que la ingestión de néctares por las hembras de *Aedes aegypti* presenta variaciones tanto estacionales como de las condiciones del medio ambiente. Así, refieren que de 231 hembras colectadas en el área urbana en San Juan (Puerto

Rico), solamente el 2% contenían fructosa. Estas hembras colectadas como pupas tuvieron tres veces más lípidos durante las colectas de Enero que las colectadas en Octubre. En cambio de las colectas rurales en Vero Beach, Florida, el 74% de las hembras fueron positivas a la fructosa, y no hubo variación estacional. Finalmente reportó que las poblaciones urbanas de los mosquitos que tienen estrecha relación con el hombre, raramente contienen néctares, y parecen adquirir la mayor parte de los nutrientes de la sangre humana del medio ambiente inmediato.

5. 3. TAMAÑO CORPORAL Y SU IMPORTANCIA EPIDEMIOLOGICA EN *Aedes Aegypti*

Hasta la fecha no se ha hecho ningún estudio sobre la competencia vectorial de *Ae. aegypti* para el virus del dengue, en correlación con el tamaño corporal del vector.

Nasci y Mitchell (1994), investigaron la susceptibilidad de este vector al virus Ross River. Demostraron que las hembras pequeñas (2.48 mm) ingirieron un título viral más alto (1.3 UFP/0.1mg de peso seco) que las hembras grandes (3.2 mm), cuyo título viral fue equivalente a 0.5 UFP/0.1mg de peso seco, a partir del mismo hámster con títulos virémicos de 6.4 log₁₀ UFP. Aún cuando el volumen de sangre ingerida fue mayor en las hembras grandes.

Paulson y Hawley (1991), demostraron que las hembras pequeñas de *Ae. triseriatus* con una media alar de 3.46 mm colectadas de llantas, transmitieron tasas significativamente más altas del virus La Crosse que las hembras grandes (4.20 mm). Posibles explicaciones a este comportamiento del sistema virus-vector con relación a la longitud alar es que la barrera de escape mesentérico (lámina basal) tenga alteraciones a nivel de ultraestructura debido al estrés nutricional de las hembras pequeñas. En este sentido, se ha reportado que la membrana basal de los mosquitos grandes poseen entre 10 - 16 capas serosas delgadas, en cambio las hembras pequeñas tienen entre 4 - 6 capas, sugiriendo que el grosor de estas está relacionado con el tamaño del cuerpo (Grimstad y Walker, 1991).

5. 4. TASA DE DIGESTION SANGUINEA EN *Aedes Aegypti*

En general, para todos los mosquitos Culicidae, la fase de absorción se termina a las 40 hr después de la ingestión sanguínea, después de la cual viene la fase de recuperación en que son expulsados los restos del intestino medio y la membrana peritrófica (Billingsley, 1990). La tasa de digestión depende directamente de la temperatura, si ésta aumenta también se incrementa aquella (Shlenova, 1938; West y Eligh, 1952). Esta tasa también puede variar según la especie, tamaño corporal del individuo, hospedero y edad.

Clements (1963), refiere que el tiempo requerido para la digestión es mayor en la primera ingesta de la hembra que en las comidas subsecuentes.

Williams (1956), reportó que la tasa de digestión sanguínea en *Ae. aegypti* se lleva a cabo con un coeficiente metabólico $Q_{10} = 2.0$ entre 15 y 35° C (lo cual significa que dentro de ese rango térmico, la velocidad de digestión sanguínea se duplica por cada incremento de 10° C)

En un estudio posterior llevado a cabo por Edman (1970), trabajó a una temperatura de $27 \pm 2^{\circ} \text{C}$ para determinar el efecto de la edad de *Ae. aegypti* sobre la tasa de digestión de sangre humana. Reportó que en hembras 2 y 4 días de edad, la digestión ocurrió casi al mismo tiempo (72 - 76 hr), pero fue más lenta en mosquitos de 6 días de edad. También encontró que las hembras copuladas de 10 días de edad, tanto nulíparas como paridas, digirieron una comida de sangre casi al mismo tiempo (72 - 76 hr), pero en las primeras la digestión fue gradual, mientras que en las segundas la digestión se retardó en las primeras 50 hr, pero entre las 56 y 76 hr, ya se había digerido el 95% de la sangre. Por otro lado, las hembras vírgenes digirieron el 80% de la sangre entre las 72-76hrs. mientras que el 92% de sangre ya había sido digerido por las copuladas en ese mismo tiempo.

Briegel (1986), observó que hembras de 3-4 días de edad y alimentadas por enema con sangre de rata, tuvieron digestión completa entre 48-50 hrs a una temperatura de 27°C.

Finalmente, Mahmood et al.(1991), reportaron que hembras de *Aedes aegypti* de 5 y 7 días de edad, digirieron totalmente la sangre, a una temperatura de 25° C en un período de 48 hrs post-alimentación.

VI. MATERIALES Y METODOS

6.1. Area de estudio

El estudio se llevó a cabo en Octubre de 1994, Mayo- Junio 1995 y Octubre -Noviembre de 1995, los dos períodos lluviosos que se presentan en Monterrey, N.L. Las colectas de los mosquitos se realizaron en las colonias: "Río Pesquería" y "Mirador San Nicolás" (en el Municipio de Escobedo, N.L.), y la tercera "Francisco I. Madero" en el centro de la ciudad. Las viviendas de las dos primeras colonias están construidas con bloques de cemento o madera rústica, y se comunican entre si a través de los patios los cuales tienen escasa vegetación. En cambio en la "Fco. I. Madero" las viviendas están separadas con muros de aproximadamente 1m de altura y algunos patios poseen abundante vegetación. En esta colonia existe el servicio de agua potable, contrario a las dos primeras donde es suministrada en pipas, y es almacenada en tambos (200L).

El clima es extremo, caliente en verano y frío en invierno, con una temperatura anual promedio de 23°C. La precipitación pluvial es de 450 milímetros cúbicos anuales (Martínez-Muñoz, 1995).

6.2. Colectas de mosquitos

Se realizaron un total de nueve muestreos (60 hembras por muestra) en recipientes y en colectas intradomiciliares. Cuatro muestras de hembras nulíparas que fueron colectadas como pupas en tambos (200L) y llantas, durante Octubre-Noviembre, 1994 en las colonias "Río Pesquería" y "Mirador". Tres muestras de hembras hambrientas colectadas con cebo humano en "El Mirador" (en Octubre de 1994), en la colonia "Fco. I. Madero" (en Mayo y Octubre de 1995), y dos muestras de hembras en reposo intradomiciliar en la "Fco. I. Madero" y "Mirador" (Mayo y Octubre, 1995).

6.2.1. Hembras nulíparas colectadas como pupas en recipientes

Dos muestras fueron colectadas de tambos y otras dos de llantas. Se colectaron un total de 240 hembras. Las pupas se colectaron con una red entomológica de aproximadamente 15 cm de diámetro, se colocaron en frascos con agua del mismo criadero y se trasladaron al insectario de Entomología Médica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Para determinar el efecto de la alimentación de sacarosa sobre la pre-gravidez, las pupas de cada recipiente fueron seleccionadas al azar en dos grupos de ≈ 200 especímenes. Cada grupo fué colocado en frascos de 500ml conteniendo agua de clorada y colocados en jaulas de emergencia de 60 x 60 x 60 cm. El primer grupo (de cada recipiente) se mantuvo con algodones empapados con solución de azúcar al 5%. Machos y hembras comenzaron a emerger \approx a las 24 hr y se confinaron para garantizar la cópula. Tres días post-emergencia las hembras fueron alimentadas sobre el brazo de un voluntario hasta tomar una ingesta de sangre a replesión. El segundo grupo (de cada recipiente) se alimentaron 48 hr post-emergencia con el brazo de un voluntario hasta una ingesta a replesión. Todos los mosquitos se mantuvieron a 27°C, una humedad relativa de 70- 80% y un fotoperíodo de 13 : 11 LO, hasta 48hr antes de la disección.

La relación entre las alimentaciones con sacarosa-sangre y sólo sangre humana sobre la tasa de pre-gravidez fue probada para significancia estadística, usando una tabla de contingencia de Chi cuadrada de 2 x 2.

6. 2. 2. Hembras hambrientas en intradomicilio.

Un total de 180 hembras fueron colectadas con cebo humano entre las 1700 - 2000h, tres días por semana. Las colectas se realizaron con dos voluntarios usando un aspirador manual y linterna, capturando las hembras que se posaban en las piernas o brazos. Inmediatamente después de las capturas las hembras vacías fueron alimentadas a replesión con sangre humana en el campo y trasladadas al insectario en frascos de plástico cubiertos con una malla. Posteriormente se colocaron en jaulas con malla de 60 x 60 x 60 cm.

6. 2. 3. Hembras en reposo intradomiciliar

Se colectaron 120 hembras reposando en el interior de las viviendas, entre las 0800 - 1100, dos a tres veces por semana. Los sitios de colecta fueron closets, baños, debajo de las camas y otro tipo de muebles. Las capturas incluyeron hembras con el abdomen lleno de sangre fresca y/o vacío. La alimentación a replesión con sangre humana se realizó inmediatamente después de las capturas. El traslado al insectario se hizo en frascos de plástico cubiertos con una malla, donde se colocaron en jaulas de 60 x 60 x 60 cm. Las hembras que no lograron la ingesta hasta la saciedad fueron eliminadas del estudio.

La tasa de pre-gravidez de las nueve muestras fue analizada usando una prueba de Chi cuadrada para heterogeneidad para determinar si el número de pre-grávidas provenían de la

misma población, asumiendo la hipótesis nula que la proporción de pre-grávidas respecto a las grávidas es 1: 4.

6.2.4. Efecto de la inseminación sobre la tasa de pre- gravidez

Con el fin de conocer el efecto de la inseminación sobre la tasa de pre-gravidez, se realizaron cuatro colectas adicionales de pupas de tambos y llantas, procediendo de igual manera que la descrita anteriormente. Cada muestra fue de 40 hembras: dos fueron de hembras copuladas (confinadas con machos de la misma edad), una muestra fue alimentada con sacarosa- sangre y la segunda sólo con sangre. Las otras dos muestras fueron hembras vírgenes tratadas de la mismas forma.

La significancia estadística de relación entre la inseminación y la tasa de pre-gravidez fue evaluada con una prueba de Chi cuadrada a través de un tabla de contingencia de 2 x 2.

6.2.5 Disección de mosquitos y determinación de la tasa de pregravidez.

A las 48 hr post- alimentación de la primera ingesta sanguínea a replesión, se disecaron un total de 540 mosquitos, determinando los estados de Christophers, Sella, estructura de edad e inseminación. Los mosquitos se mataron al colocarlos en refrigeración a - 5°C durante 15 min. La apariencia externa del abdomen se clasificó según los estados I al VII de Sella (Sella, 1920). Las disecciones de ovarios, fueron clasificados según los estados del I al V de Christophers (Christophers 1910). Finalmente para la presencia de esperma, se disecaron las tres espermatecas en solución salina al 0.5% para conocer la tasa de inseminación (Manual OPS, 1975). Aquí, el criterio aplicado para considerar a una hembra pre-grávida fue, que tuviera su desarrollo folicular en los estados de Christophers I, II ó IIIa y en los de Seila I (abdomen vacío), VI ó VII (restos de sangre negra en el abdomen).

La longitud alar fue el parámetro seleccionado para expresar el tamaño corporal de los especímenes. Ambas alas fueron colocadas entre un porta y un cubre objeto para inmovilizarlas y luego fueron medidas con un micrómetro calibrado (1 unidad= 0.04mm) desde la incisión axilar donde comienza el margen posterior del ala hasta el ápice distal, excluyendo los flecos (Van Handel et al. 1989).

A las medias de las longitudes alares (mm) determinadas para cada muestra, tanto de las hembras totales como de las pre-grávidas, previas trasformaciones de las longitudes alares a $\log (X+1)$, se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de un sólo factor y para la comparación de medias se aplicaron las pruebas de Sheffé y Fisher. Para cada muestra se

determinó la distribución de frecuencia (histogramas) de las hembras pre-grávidas y estados de Christophers, según la longitud alar (mm).

6. 3. Uso de un modelo probabilístico para predicción de hembras pre-grávidas

Feinsod y Spielman (1980) reportaron que hembras de *Aedes aegypti* con longitudes alares entre 2.5 - 2.9 mm, no desarrollaban los folículos a estado vitelogénico después de una ingesta sanguínea a relesión.

En este estudio se observó que existe una proporción de hembras pequeñas (< 2.9 mm) que tienden a ser grávidas y que otra proporción de hembras grandes (>2.9 mm) tienden a ser pre-grávidas (Fig.8). Basados en esta observación, asumiendo que ambas tendencias son similares para cada muestra se propuso una función para transformar la proporción del total de hembras pequeñas (<2.9 mm) por muestra en una nueva variable que se denominó "Índice de desarrollo pre-grávido", (IDP) expresada como:

$$IDP = [\text{total de hembras pequeñas (<2,9mm)} - \text{hembras (>2.9 mm)}]^{-1} + 1$$

Esta función se aplicó a los datos de siete muestras de las hembras alimentadas sólo con sangre (excluyendo las muestras de hembras de tambos y llantas que fueron alimentadas con sacarosa). Esto con el propósito de analizar las tasas originales de pre-gravidez.

Se llevó a cabo con un análisis de regresión lineal entre el logaritmo del número de pre-grávidas más uno [$\log(\text{pre-grávidas} < 2.9\text{mm} + 1)$] como la variable dependiente sobre la función de "IDP" como variable independiente. Posteriormente se calculó el coeficiente de determinación (R^2), y un ANOVA para ver la significancia del modelo de regresión.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Finalmente se llevó a cabo una validación teórica de este modelo basado en las siete muestras reales. Las hembras de cada muestra fueron aleatorizadas y de éstas se seleccionaron 50 para conformar la nueva muestra teórica. El modelo se validó transformando el número de hembras pequeñas con la función IDP para cada muestra. Luego este valor substituyó a X en la ecuación lineal calculada, y se resolvió para obtener el valor respectivo de Y [$\log(\pi+1)$], es decir, el número de hembras pre-grávidas esperadas. Posteriormente se aplicó una prueba de bondad de ajuste con Chi cuadrada a las hembras observadas y esperadas.

VII. RESULTADOS

7.1. Tasa de pre-gravidez, estados de Sella, Christophers y estructura de edades para las hembras totales.

En la Tabla 1, se presentan los estados de Sella, Christophers, y estructura de edades de las hembras pre-grávidas, para las nueve muestras de las poblaciones de campo de *Ae. aegypti* trabajadas en este estudio, a las 48 h después de una comida de sangre humana a replesión.

Las tasa de pre-gravidez en las diferentes muestras fue variable. El estimador mostró un rango de variación de 8 - 28%, con el máximo valor para la muestra de hembras con cebo humano en la colecta de Octubre, 1994. No obstante, al aplicar una prueba de X^2 para heterogeneidad (asumiendo la hipótesis nula de que en cada muestra la proporción de hembras pre-grávidas respecto a las grávidas es 1: 4), se encontró que el número de pre-grávidas para todas las muestras provenían de la misma población ($X^2 = 10.78$, $0.10 < P < 0.25$, $gl = 8$) (Zar, 1974). Así, el valor promedio de la tasa de pre-gravidez fue de 21% para las nueve muestras de este estudio.

Sin embargo, para considerar una tasa de pre-gravidez más real, se eliminaron las dos muestras de tambos y llantas de las hembras que se alimentaron con sacarosa y sangre humana, debido a que en estas se enmascara la pre-gravidez original. De las siete muestras restantes, de hembras alimentadas sólo con sangre, se obtuvo una tasa promedio de 23%.

Resultaron 115 (21%) pre-grávidas de las 540 hembras disecadas. De ellas, 92 (80%) en Sella I, 10 (9%) en VI y 13 (11%) en VII. En relación a los estados de Christophers, 79 (69%) pre-grávidas tenían estado I, 32 (28%) en estado II y sólo 4 (3%) en el estado IIIa.

De las 92 pre-grávidas con Sella I (vacías), 41 fueron de recipientes: 16 de tambos (11 en Christophers I y 5 en II) y 25 de llantas, de las cuales la mayoría (23) estaban en estado I y el resto en II. Así mismo, las 51 pre-grávidas restantes y vacías fueron capturadas en las casas, 15 estaban en reposo (11 en estado I y 4 en II) y 36 fueron capturadas con cebo humano (20 en estado I, 13 en II y 3 en III). En Sella VI y VII, se presentaron 23 pre-grávidas (con restos de sangre en el estómago), 10 en Sella VI y 13 en VII; la mayoría de las cuales (16) fueron capturadas en las casas: 8 en reposo (3 en estado I, 4 en II, y una en III) y 8 con cebo humano (4 en estado I y 4 en II).

Respecto a la estructura de edades de las 115 pre-grávidas, se observó una paridad de 0.22. Las 25 paridas aparecieron en las 67 pre-grávidas colectadas en reposo y con cebo humano, ya que las de recipientes todas eran nulíparas. A tres pre-grávidas con Christophers IIIa no se les pudo determinar la edad fisiológica a causa de la distensión abdominal ovárica, sin embargo la sangre ya había sido totalmente digerida (una fué de reposo y dos de cebo humano). Por lo anterior, la paridad para las pregrávidas realmente fue de 0.39 (25/64). Diez paridas fueron colectadas en reposo (tres en estado I y siete en II) y 15 con cebo humano (seis en estado I, ocho en II y uno en III). De las 25, nueve tenían un desarrollo folicular que no pasó del estado I.

Por otra parte, de 87 pregrávidas nulíparas, 39 fueron de capturas intradomiciliarias. La mayor parte (27) fueron capturadas con cebo humano (18 en estado I y nueve en II), y solo 12 en reposo (11 en estado I y una en II).

En la Tabla 2 se observa que hubo diferencias significativas respecto al tamaño corporal de las hembras totales, al comparar las medias alares de las nueve muestras mediante una ANOVA de un solo factor ($F= 130.53$, gl 8, $P< 0.0001$), el cual a su vez se puede ver en la Tabla 4. Al aplicar la prueba de comparación múltiple de medias de Scheffé se observaron tres grupos de medias alares. Las más pequeñas fueron las de las hembras de cebo humano de Mayo de 1995 ($\bar{X}= 2.56 \pm 0.03$ mm) y las de llantas con sacarosa ($\bar{X}=2.59 \pm 0.03$ mm). El grupo intermedio, formado por las medias alares que variaron desde 2.65 ± 0.02 mm hasta 2.72 ± 0.03 mm, correspondientes a las muestras de tambos con sacarosa, cebo humano de Mayo, 1995, llantas sin sacarosa, cebo humano de Octubre, 1994 y reposo de Octubre, 1995. Todas ellas fueron iguales estadísticamente ($P > 0.05$). Un tercer grupo representando a las hembras más grandes fue el de las medias de tambos sin sacarosa y hembras en reposo de Mayo, 1995; ambas tuvieron el mismo valor ($\bar{X}= 2.86 \pm 0.03$ mm).

Del total de 540 hembras colectadas, 410 (76%) fueron menores de 2.9mm, con una media alar de 2.58 ± 0.01 mm y 130 (24%) fueron mayores a esa longitud alar, con una media de 3.06 ± 0.009 mm.

En la Tabla 3, se presentan las medias alares de las hembras pre-grávidas de las nueve muestras; también presentaron diferencias significativas ($F= 2.38$, gl 8, $P< 0.02$). El ANOVA se puede ver en la Tabla 5. Nuevamente se puede observar que las pre-grávidas más pequeñas fueron las de cebo humano de Octubre de 1995 ($\bar{X}= 2.49 \pm 0.20$ mm), mientras que las más grandes fueron las de reposo de Mayo de 1995 ($\bar{X}= 2.78 \pm 0.33$ mm),

al compararlas con la prueba de diferencias mínimas significativas de Fisher al nivel de α 0.05.

Finalmente, cabe mencionar que del total de 115 pregrávidas, 99 (86%) fueron hembras pequeñas (<2.9 mm), mientras que solo 16 (14%) fueron grandes (>2.9 mm). Se aplicó una prueba de X^2 mediante una tabla de contingencia de 2 x 9, asumiendo la hipótesis nula de que el número de pre-grávidas en las nueve muestras es independiente del tamaño corporal. Se aceptó la hipótesis alterna de que el número de pre-grávidas en las nueve muestras tienen una distribución que depende del tamaño corporal ($X^2 = 16.42$, $0.05 < P < 0.01$).

Por otro lado, se aplicó una prueba de t de Student para muestras desiguales para las medias alares de las hembras pre-grávidas grandes, ($\bar{X} = 3.05 \pm 0.02$ mm) y pequeñas ($\bar{X} = 2.56 \pm 0.02$ mm); ambas fueron iguales estadísticamente ($t = 0.68$, $P > 0.05$). La media alar general de las pregrávidas fue de $\bar{X} = 2.63 \pm 0.02$ mm.

7. 2. Distribución de frecuencias de hembras pre-grávidas de acuerdo a su longitud alar, para cada una de las muestras.

7.2.1. Hembras colectadas en tambos y llantas, alimentadas con sangre-sacarosa

En la distribución de frecuencias de las longitudes alares de hembras pre-grávidas de tambos y llantas, las cinco de tambos tuvieron un rango muy estrecho (2.44 - 2.76 mm) localizado en las clases intermedias del rango de la muestra (2.16 - 3.08 mm) (Fig.1A), mientras que el rango de las 13 pregrávidas de llantas fue más amplio (2.12 - 2.88 mm) abarcando dos terceras partes del rango de la muestra (2.00 - 3.28 mm) (Fig.2A). Aunque todas las pre-grávidas fueron hembras pequeñas (<2.9 mm), las más pequeñas se presentaron en llantas, cuatro de ellas, en las clases 2.1, 2.2 y 2.3 mm.

En las muestras se presentaron hembras previtelogénicas (estado I-II de Christophers) y de digestión lenta (estados de Sella II al V), de éstas sólo una se presentó en tambos en comparación a 13 (22%) observadas en llantas.

En relación a la proporción de hembras con desarrollo folicular más allá del IIIa, fue 90% y 56% para tambos y llantas, y las que desarrollaron huevos maduros fueron 52 y 13% respectivamente.

Finalmente, los coeficientes de variación (CV) de ambas muestras presentaron diferencias significativas ($t=4.35$, $gl\ 59$, $P<0.0005$) y estos fueron 6.2% y 10.3% respectivamente (Fig. 1A y 2A). Cabe aclarar que para el resto de las muestras, el coeficiente varió de 9.4 a 11% y todas las comparaciones pareadas fueron iguales estadísticamente ($t > P\ 0.05$).

7.2.2 Hembras colectadas en tambos y llantas, alimentadas sólo con sangre

En la distribución de frecuencias del tamaño alar de las hembras alimentadas sólo con sangre, en la muestra de tambos se presentaron 14 pregrávidas (23%) con un rango (2.40-3.04 mm) ubicado en las clases intermedias del rango de la muestra (2.28- 3.24 mm) (Fig 1B), en cambio en las de llantas el número de pre-grávidas fue de 16 (27%) con un rango alar de 2.20-3.04 mm, el cual fue casi igual al rango total (2.20-3.28 mm) (Fig.2B). En ambos recipientes, la mayoría de las hembras fueron pequeñas (< 2.9 mm), sin embargo en tambos, se presentaron tres hembras grandes ubicadas en la clase de 3.0 mm.

El número de previtelogénicas con digestión lenta fue de 14 (23%) y 17 (28%) en tambos y llantas respectivamente. Las grávidas con desarrollo más allá del estado IIIa fueron 54% y 45%, para tambos y llantas, sin embargo las que lograron el desarrollo de huevos maduros se presentaron en menor porcentaje en las de tambos (12%) que en las de llantas (28%), en esta última las hembras estuvieron ubicadas en las clases mayores.

7.2.3 Hembras capturadas en reposo intradomiciliar

Las 10 (17%) pregrávidas colectadas en Mayo, 1995 tuvieron un rango alar de 2.08 - 3.20 mm, con las mayores frecuencias en las clases intermedias de la muestra (1.92-3.2 mm), en cambio las 13 (22%) colectadas en Octubre, 1995, presentaron un rango de 2.16-3.24 mm muy similar al rango total (2.08- 3.28 mm). Aquí también la mayoría de las pregrávidas fueron menores de 2,9 mm, aunque en ambas muestras se presentaron cuatro hembras con longitudes alares de 3.2 mm. (Fig. 3A y 3B) Es interesante notar que sólo hubo cuatro hembras con desarrollo previtelogénico en las colectas de Mayo, 1995 dos pequeñas (<2.9 mm) y dos grandes (>2.9 mm).

Respecto a las grávidas, el 76% resultaron de la colecta de Mayo y el 78% en la de Octubre. Mientras que las que desarrollaron huevos maduros fueron 50% y 66% respectivamente.

7.2.4 Hembras de capturas con cebo humano

En relación a las tres muestras de hembras capturadas con cebo humano intradomiciliar, la distribución de frecuencias alares se presenta en la Fig. 4. Para la captura de Octubre de 1994, la distribución de las 17 (28%) pre-grávidas mostró un rango de 2.36 - 3.04 mm ligeramente más estrecho que el rango total de 2.20 - 3.24 mm. De las colectas de Mayo de 1995 se presentó algo similar, el rango de las 12 (20%) pre-grávidas fue de 2.16 - 3.16 mm un poco menor, comparado con el de la muestra de 1.92 - 3.28 mm, mientras que para la captura de Octubre de 1995, se presentaron 17 (28%) cuyo rango fue de 2.04 - 2.82 mm, también algo menor que el rango total de 1.88 - 3.10 mm (Fig. 4A, 4B y 4C).

Los rangos de las pre-grávidas de Octubre de 1994 y Mayo de 1995 fueron similares, y en ambas muestras hubo nueve grandes (>2.9 mm): seis en la primera y tres en la segunda; las más grandes fueron seis de 3.0 mm y una de 3.1 mm. Contrariamente, ninguna grande apareció en la muestra de Octubre de 1995, donde su rango alar fue el más estrecho de las tres muestras.

Solo se presentaron tres hembras con desarrollo previtelogénico en las tres muestras, y pertenecieron a las clases más bajas (2.0, 2.2 y 2.6 mm). Las hembras con desarrollo más allá del IIIa fueron abundantes en las tres muestras: 70, 80 y 72% respectivamente. De ellas, las que resultaron con huevos maduros fueron 48, 77 y 55%. Cabe mencionar que las grávidas en las tres muestras se distribuyeron en casi todo el rango alar de cada una de las muestras.

7.3. Efecto de la inseminación y sacarosa en la tasa de pre-gravidez

De 115 hembras pre-grávidas, se determinó una proporción de inseminación del 95%. Por otro lado, de las cuatro muestras procesadas de hembras emergidas de pupas colectadas en tambos y llantas, para determinar el efecto de la inseminación sobre la pre-gravidez en las dos muestras inseminadas (con y sin sacarosa), se obtuvieron las tasas de 15 y 25% de pre-gravidez respectivamente, mientras que las muestras de no inseminadas (con y sin sacarosa) se obtuvieron 30 y 72%.

Los datos fueron analizados por una tabla de contingencia de 2 x 2, aceptando la hipótesis nula de que las tasas de pre-gravidez son independientes de la inseminación ($X^2 = 0.868$, $0.30 < P < 0.35$). A pesar de esta prueba, las tasas observadas en las hembras no inseminadas se elevó a más del doble (72%) cuando se alimentaron sólo con sangre en comparación a las alimentadas con sacarosa (30%). Por otra parte el 25% de las inseminadas

sin sacarosa fue ligeramente superior a la tasa promedio 23% para las muestras de las hembras ausentes de sacarosa.

Cuatro muestras de hembras núlparas, emergidas de pupas colectadas en tambos y llantas, fueron comparadas para conocer el efecto de la alimentación con sacarosa antes de la ingesta sanguínea a repleción sobre la pre-gravidez. Para ello se aplicó una prueba de Chi cuadrada con una tabla de contingencia de 2×2 , en la cual se aceptó la hipótesis nula que la tasa de pre-gravidez es independiente de la alimentación con sacarosa ($X^2 = 2.95, 0.05 < P < 0.10$).

7.4. Estimación de un modelo probabilístico para predicción de pre-gravidas a partir de una muestra.

Con la finalidad de encontrar un modelo probabilístico de predicción de hembras pre-gravidas en una muestra colectada en el campo, se llevó a cabo el análisis de regresión lineal de siete muestras. Tomando como variable independiente el logaritmo de hembras pre-gravidas por muestra más uno $[\log(\text{pregravidas} + 1)]$ sobre la función $[(N^\circ \text{ de hembras } < 2.9\text{mm} - \text{hembras } > 2.9\text{mm})^{-1} + 1]$ como la variable dependiente (Índice de desarrollo pre-grávido). Esta función recíproca fue para transformar el número de hembras a una proporción o tasa, pero como apreciaron valores negativos se les sumó uno a cada valor. El análisis de varianza (Tabla 6) resultó significativo ($F=5.93, P=0.05$) con la ecuación: $Y = 0.481 + 0.68X$ y el coeficiente de determinación fue de $R^2 = 0.54$, el cual indicó que la mitad de la variación en Y fué descrita por la variación en X (Fig. 7).

7.5. Validación teórica del modelo de regresión usando el "Índice de desarrollo pre-grávido"

La validación estuvo basada en las siete muestras de campo formadas de hembras alimentadas solo con sangre, las cuales fueron aleatorizadas. De cada una de éstas se seleccionaron 50 hembras al azar para formar las siete muestras teóricas. A cada muestra se les determinó el número de pre-gravidas observadas y se clasificaron de acuerdo a sus longitudes alares, en menores y mayores de 2.9 mm.

Se aplicaron las dos funciones (variables X y Y) y los valores de X se transformaron a valores del IDP en la ecuación ($Y = 0.481 + 0.68X$). A las hembras pre-gravidas observadas y esperadas se les aplicó una prueba de bondad de ajuste de Chi cuadrada, no encontrándose diferencias significativas ($X^2 = 4.90, P = 0.05$) entre ambos juegos de valores (Tabla 7).

VIII. DISCUSION

8.1. El concepto de tasa de pre-gravidez usado en este estudio

El concepto de desarrollo pre-grávido, propuesto y definido por Gillies (1955), no ha sido ampliamente aceptado por los entomólogos (Clements 1963), y sobretodo por aquellos que han estudiado la fisiología reproductiva y digestiva de *Aedes aegypti*, a excepción de MacDonald (1956).

El primer reporte de hembras pre-grávidas en *Ae. aegypti* fue el de Roubaud (1929) quien les llamó "hembras frenadas", en comparación a las "hembras activas" que son las que maduran huevos con una sola alimentación. Aunque no reportó tasas de pre-gravidez ni describió el desarrollo pre-grávido en función de los estados de Christophers, sí hizo referencia a la necesidad de dos comidas para madurar huevos. Spielman (1970) usó el término de "super anautogénicas" como equivalentes a hembras pre-grávidas, y señaló que constituyan un problema de definición. Después Feinsod y Spielman (1980) en alusión a la pre-gravidez usaron el término de "doble anautogénia" en referencia a la doble alimentación a replesión para madurar huevos, sin darle crédito al término de "hembras pre-grávidas" de Gillies (1955).

El concepto aplicado en este estudio se basó en el propuesto por Gillies (1955), quien señaló la necesidad de al menos dos comidas de sangre para que se desarrollen huevos maduros; con la primera comida el desarrollo folicular avanza del estado I al II de Christophers, y con la segunda se continúa hasta la maduración de huevos. También consideró como pre-grávidas aquellas que digirieron completamente la sangre y que tenía el abdómen colapsado.

Aquí la disección de hembras se llevó a cabo hasta las 48 hr después de la primera alimentación. Este tiempo es suficiente para evaluar pre-gravidez, debido a que la fase de absorción en la digestión de mosquitos termina \approx 40 hr después de la comida sanguínea (Billingsley, 1990). En especies de *Anopheles* el tiempo de digestión es mayor en las hembras nulíparas que en las paridas (Detinova 1962, Clements 1963), pero en *Aedes aegypti* se ha reportado lo contrario; las paridas y viejas son de digestión más lenta (Edman 1970). Hembras de esta especie criadas en laboratorio a 25 y 27°C terminan la digestión sanguínea a las 48 hr (Mahmood et al., 1991, Briegel, 1986), mientras que el fin de la vitelogénesis sucede entre las 24 y 30 hr aproximadamente (Powell et al., 1986). En base a

lo anterior se considera que el tiempo usado en este estudio fue adecuado para registrar el término de digestión en este vector.

Por otra parte, la tasa de excreción de la hematina (producto de deshecho de la hemoglobina) también es variable entre los individuos de una población de *Ae. aegypti*. En base al tiempo promedio de excreción de hematina, Briegel (1986) clasificó a las hembras en tres categorías: tempranas, intermedias y tardías, y reportó que este tiempo variaba entre 30 y 50 hr postingestión de sangre. Si la tasa de excreción es variable entre los individuos de una población, se asume que ocurre lo mismo con la tasa de digestión. Por esta razón se decidió incluir a las hembras con Sella VI y VII como pre-grávidas, ya que estas podrían ser de digestión y excreción más lenta dentro de las hembras de cada muestra. Pero sólo si sus foliculos estaban en I, II y IIIa de Christophers, y ninguno desarrollado más allá del IIIa (Clements 1992).

8. 2. Tasas de pre-gravidez observadas en este estudio

La tasa promedio de pre-gravidez (21%) observada en las nueve muestras de este estudio es muy similar a las tasas reportadas para otras especies. Rao (1947) reportó 20% en poblaciones de campo de *Anopheles annularis* y *An. culicifacies* en la India, mientras que Gillies (1954) reportó un promedio de 20% para *An. gambiae* y *An. funestus* en capturas de reposo en Africa. Este autor encontró que la pre-gravidez variaba estacionalmente y que aumentaba después de las lluvias; el registro más alto fue de 62%. Así mismo, Jaswant Singh y Mohan (1951) reportaron un 15% para *An. fluviatilis* y recientemente se observó un 21% para poblaciones en reposo de *An. gambiae* en Tanzania (Lyimo y Takken, 1993).

Para el caso de *Aedes aegypti*, los estudios sobre pre-gravidez son muy escasos. Como ya se mencionó el primer reporte de hembras pre-grávidas fue el de Roubaud (1929) quien no reportó tasas de pre-gravidez.

Posteriormente MacDonald (1956), quien con hembras criadas en laboratorio reportó tasas de pre-gravidez con una variación de 6 - 79%. La tasa más baja fue para larvas bien alimentadas y la más alta para larvas desnutridas. Concluyó que aunque las larvas fueran criadas bajo condiciones óptimas de alimento, aún así la pre-gravidez se presentó entre 5 - 10%.

Para poblaciones de campo, sólo analizó una muestra de 33 hembras capturadas en reposo intradomiciliar y encontró un 24% de pre-gravidez, el cual es similar al 22% encontrado en este estudio para hembras en reposo de Octubre, 1995. Desafortunadamente MacDonald no trabajó con el tamaño corporal.

Otro estudio fue el de Feinsod y Spielman (1979) quienes reportaron una "doble anautogénia" del 33% para hembras criadas en el laboratorio que tomaron dos alimentaciones para madurar huevos. Estos autores sí trabajaron con el tamaño corporal expresado como longitud alar, y este porcentaje de "doble anautogénia" lo encontraron en hembras cuyo rango alar era de 2.0 - 2.7 mm. Este término es impreciso porque implica que las hembras pre-grávidas sólo se realimentan dos veces, y eso no es cierto. El mismo MacDonald (1956) observó hasta tres alimentaciones a replesión para madurar huevos, y en este sentido, según el criterio de Feinsod y Spielman (1979), serían hembras con "triple anautogénia", o "tetra anautogénia" si se alimentan hasta cuatro veces, tal y como se observó en este estudio para algunas hembras. Por lo anterior, el término correcto debe ser "hembras pre-grávidas" otorgándose el merecido crédito a Gillies (1955).

Por otra parte, respecto a las tasas de pre-gravidez de las nueve muestras de este estudio, fue notoria aunque no significativa ($X^2= 10.78$, 8 gl., $0.10 < P < 0.25$), la diferencia entre los tratamientos con sacarosa y sin sacarosa para las hembras de recipientes. El número de pre-grávidas de tambos y llantas fue mayor (14 y 16) cuando estas se alimentaron sólo con sangre, en comparación a las alimentadas con sangre-sacarosa (5 y 13). La mayor incidencia de pre-grávidas en llantas sugiere una desnutrición de las hembras por hacinamiento larval y baja disponibilidad de alimento (Bar-Zeev, 1957; Wada, 1965); de hecho las más pequeñas estaban en las clases 2.1, 2.2 y 2.3 mm.

Así mismo, aparentemente hubo un efecto aditivo a la pre-gravidez entre la falta de sacarosa en la dieta del adulto y el tamaño pequeño de criadero (llantas), que tendió a expresarse en un mayor número de hembras previtelogénicas no pre-grávidas y de digestión lenta. Estas predominaron en las emergidas de llantas que sólo fueron alimentadas con sangre. Sólo hubo una (2%) de tambos y 22% en llantas con sangre más sacarosa, pero cuando se alimentaron sólo con sangre, fueron 23% en tambos y 28% en llantas. La falta de sacarosa tendió a aumentar la tasa de pre-gravidez, incrementándose de 8 a 23% en tambos, y en llantas se elevó de 22 a 27%.

Llama la atención el 28% de pre-gravidez observado para la población de hembras capturadas con cebo humano en Octubre de 1994. Esto podría tener un gran significado

epidemiológico dado que en Octubre es cuando aparecen los casos de dengue en la localidad en congruencia con la estación lluviosa (Salas-Luévano y Reyes-Villanueva, 1994). Un 28% de hembras doblemente alimentadas a replesión puede asociarse con mayores tasas de infección en el vector y por consiguiente una mayor capacidad vectorial.

El peligro potencial de las pre-grávidas se expresó más claramente en una muestra adicional de 60 hembras emergidas de llantas, las cuales se mantuvieron vivas para ver las realimentaciones cada 48 hr. En esta muestra hubo siete hembras que sobrevivieron hasta 144 hr y llegaron a tomar una cuarta comida de sangre a replesión sin madurar huevos, después de lo cual murieron. Aunque estos resultados son interesantes, no son válidos para alguna inferencia dado lo pequeño de la muestra. Es recomendable un estudio donde se evalúe este parámetro en las hembras pre-grávidas.

Ahora bien, aunque 92 (80%) de las 115 pre-gravidas tenían Sella I (vacías), las 23 restantes (20%) aparecieron con restos de sangre negra en el abdomen (Sella VI y VII) (Tabla 2). Todas las hembras fueron mantenidas en insectario bajo la misma temperatura (27°C). No hay razones aparentes (posiblemente genéticas) para explicar la digestión lenta de estas 23 hembras, ni por la edad, tamaño corporal o estado nutricional. La mayoría 15 (65%) fueron nulíparas, cuando se esperaba que fueran paridas (más viejas) de acuerdo a Edman (1970). También la mayor parte 19 (82%) fueron pequeñas (<2.9 mm), pero una tendencia similar en el tamaño corporal se observó en 82 (89%) hembras vacías (digestión rápida). De acuerdo a Feinsod y Spielman (1980) hembras con extensión alar menor de 2.9 mm son generalmente hembras desnutridas.

En relación a la paridad, resalta el hecho la inesperada tasa de 0.39 para las pre-grávidas de capturas intradomiciliares (25/64), porque contradice al concepto de Gillies (1955) quien reportó la pre-gravidez como típica de nulíparas; incluso sugirió usar la pre-gravidez como indicador de nuliparidad en *Anopheles*. Los resultados de este estudio demuestran que en *Aedes aegypti* la pre-gravidez tiene una incidencia relativamente alta en las hembras paridas. Es interesante señalar que de las 25 paridas pre-grávidas, nueve tenían un desarrollo folicular en estado I después de su primera comida a replesión.

Por otra parte, de las 87 pre-grávidas nulíparas, 67 estaban en Christophers I, de las cuales 38 de recipientes y 29 fueron de capturas intradomicilio. En estas últimas, 18 y 11 correspondieron a hembras de cebo y de reposo respectivamente. Esto también enfatiza la relevancia de la pre-gravidez. De acuerdo a Gillies (1955) y MacDonald (1956), una segunda comida les permitiría avanzar al estado II, y aquí es donde las hembras más desnutridas,

probablemente iban a requerir una tercera comida para avanzar del II hasta el V (huevos maduros).

8. 3. Comparación del tamaño corporal de hembras totales y pre-grávidas en las nueve muestras.

La aparición de los tres grupos de hembras totales en base a sus medias alares (Tabla 2) puede explicarse con varios puntos de vista. Las hembras más pequeñas de la muestra de llantas con sacarosa ($\bar{X} = 2.58 \pm 0.03$ mm) sugiere un hacinamiento larval, dado el tamaño pequeño de estos criaderos urbanos.

Por otra parte, la media alar de estas hembras es similar a las reportadas en otros estudios. Las medias alares de hembras emergidas de llantas en Louisiana fueron 2.47 ± 0.20 mm y 2.64 ± 0.27 mm (Nasci, 1986; 1990). Aunque cabe aclarar que este autor también reportó una media alar todavía más baja (2.10 ± 0.15) para hembras de llantas (Nasci 1990). También el promedio alar de hembras de llantas es similar a la media de hembras criadas en laboratorio con una dieta larval pobre; al respecto, Klowden et al. (1988) reportó una media de 2.55 mm.

El hecho de que las hembras de reposo de Octubre, 1995 hayan sido las más pequeñas en este estudio ($\bar{X} = 2.55 \pm 0.03$ mm), también tiene una explicación lógica. Esta muestra fue tomada en su mayoría en casas de la colonia Francisco I. Madero donde hay servicio de agua entubada y prácticamente no existen tambos como criaderos para el mosquito. Probablemente en dicha colonia haya abundancia de recipientes pequeños funcionando como criaderos larvales pobres en cuanto a alimento. En cambio las colectas de cebo de Mayo y Octubre de 1995, que se realizaron en la colonia "El Mirador" donde hay abundancia de tambos, las medias estuvieron en el grupo intermedio con medias alares de 2.66 ± 0.03 y 2.71 ± 0.03 mm respectivamente. Posiblemente el origen de las hembras de los recipientes de tambos marca la diferencia de los tamaños alares en las tres colectas.

Aunque estos estimadores son parecidos a las medias alares de hembras hambrientas reportadas en otros estudios, Klowden et al. (1988) encontraron que en las capturas con cebo humano las hembras más grandes ($\bar{X} = 2.64 \pm 0.27$ mm) están mejor representadas; así mismo Nasci (1991) reportó que las hembras de campo con una media alar de 2.67 ± 0.22 mm tendieron a ser más persistentes en cuanto a picadura que las más pequeñas.

Para el caso de las hembras más grandes que fueron de tambos sin sacarosa ($\bar{X} = 2.81 \pm 0.03$ mm) es explicable en este sentido. Los tambos son criaderos larvales

grandes y el bajo hacinamiento larval causó la emergencia de hembras grandes. Respecto a las hembras de reposo de Mayo de 1995 ($\bar{X} = 2.85 \pm 0.03$ mm), estas pueden incluir hembras viejas y paridas, las cuales tienden a ser de mayor tamaño en comparación a las nulíparas (Nasci 1986). Aunado a lo anterior está el factor de la estacionalidad; en Mayo es cuando se presenta el primer pico poblacional del año debido a las primeras lluvias, las cuales al llenar de agua los recipientes secos causan una abundancia de criaderos y así puede haber un grado bajo de hacinamiento larval y emergencia de hembras grandes.

En general, el rango alar de las hembras totales fué de 1.88 - 3.32 mm, el cual fué muy similar al rango 1.8 - 3.2 mm reportado para hembras de campo (De Xue et al. 1995).

Respecto a la media alar de las pre-grávidas, (Tabla 3) esta varió entre 2.49 ± 0.05 mm y 2.78 ± 0.10 mm. Las más pequeñas correspondieron a las de cebo humano de Octubre de 1995, mientras que las más grandes fueron las de reposo de Mayo de 1995. Por último, de las 115 pre-grávidas, 99 (86%) fueron hembras pequeñas (<2.9 mm), mientras que el resto fueron grandes (>2.9 mm).

El número de pre-grávidas en las nueve muestras dependió del tamaño corporal ($X^2 = 16.42, 0.05 < P < 0.01$) y aunque la media de las grandes fue de $\bar{X} = 3.05 \pm 0.02$ mm y la de las pequeñas fue de $\bar{X} = 2.56 \pm 0.02$ mm, no tuvieron diferencia significativa ($t = 0.68, P > 0.05$). De cualquier manera, la media alar de las grandes es similar a la media de 3.12 ± 0.11 de las mayores estudiadas por De Xue et al. (1996), pero las más pequeñas trabajadas por estos autores tuvieron una media más baja ($\bar{X} = 2.31 \pm 0.16$ mm), aunque fueron hembras criadas en insectario.

El rango alar de las pre-grávidas fue de 2.04 - 3.24 mm, participando las grandes (>2.9 mm) con el 14%, estos resultados no coincidieron con los reportados por Feinsod y Spielman (1980), quienes mencionaron que las mayores de 2.9 mm eran capaces de desarrollar huevos con una sólo ingesta a replesión de sangre.

Por otra parte, existe controversia de algunos autores con la causa de la pre-gravidez. Rao (1947); Singh & Mohan (1951) atribuyeron la tendencia al hecho de hembras no inseminadas, en anophelinos. Así, Adam et al. (1960), por citar algunos, encontró que todas las hembras pre-grávidas de *An. gambiae* no fueron inseminadas. Sin embargo, Hoking & MacInnes (1948) reportaron una tendencia de hembras inseminadas de *An. gambiae* y *An. funestus* Giles a requerir comidas múltiples para producir huevos maduros.

En el presente estudio se reporta que el 95% de las hembras pre-grávidas estaban inseminadas, las cuales tuvieron un rango alar de 2.04 - 3.20 mm. Estos datos coinciden con

los reportados por MacDonald (1957), quien reportó que el 93% de hembras pre-grávidas inseminadas requirieron de más de una comida de sangre para madurar huevos, atribuyendo la causa al hacinamiento y pobre nutrición larval a que estuvieron mantenidas.

8.4. Predicción del número de pre-grávidas en una muestra, a partir del "Índice de Desarrollo Pre-grávido"

La ecuación $Y = 0,481 + 0,68X$ que se calculó por análisis de regresión lineal en este estudio, tiene un poder predictivo significativo para el número de hembras pre-grávidas en una muestra ($F = 5,92$, $P = 0,05$), a partir de la función expresada como "Índice de desarrollo pre-grávido". La explicación biológica para esta función de transformación fue la siguiente:

Las hembras pequeñas (<2.9 mm) son generalmente hembras nutricionalmente pobres y por lo mismo presentan una fuerte tendencia a ser pre-grávidas (Feinsod y Spielman, 1980), sin embargo existe un pequeño segmento poblacional desconocido de las pequeñas que llegan a ser grávidas y para contrarrestar este efecto es que al número de hembras grandes se le restó a las pequeñas, asumiendo que este número es proporcional a la tasa de las pequeñas grávidas.

Esta ecuación permitirá conocer el número de hembras pre-grávidas en una muestra de hembras de *Aedes aegypti* colectadas en el campo, sin necesidad de alimentarlas, mantenerlas en el insectario y después disecarlas para conocer el desarrollo folicular. Sólo se requeriría medir la extensión alar de las hembras, pero aún así esto implica menos trabajo y un ahorro de tiempo. Sería útil como herramienta metodológica en cualquier estudio donde se necesite conocer la tasa de pre-gravidez en este vector, ya sean con fines epidemiológicos o bien para calcular estimadores confiables del ciclo gonotrófico, como el modelo de Holmes y Birley (1987) en base a series de tiempo, donde usan la tasa de pre-gravidez en las muestras, como un factor de corrección en los cálculos.

Finalmente para validar este modelo con poblaciones de campo, se recomienda coleccionar un mínimo de 10 muestras (de recipientes o colectas en intra o peri domicilio) de 50 hembras cada una, aplicando el modelo y una prueba de bondad de ajuste de Chi cuadrada para las hembras observadas y esperadas.

IX. CONCLUSIONES

1. Las 540 hembras colectadas en este estudio presentaron una media de longitud alar de 2.69 ± 0.01 mm con un rango de 1.88 mm - 3.32 mm. La proporción de hembras que llegaron a ser vitelogénicas (estados IIIb al V de Christophers) fue de 69%, y las hembras previtelogénicas (no pre-grávidas) fue de 9.6%.
2. Se presentó un total de 115 hembras pregrávidas, las cuales tuvieron una media de la longitud alar de 2.63 ± 0.02 mm con un rango de 2.04 - 3.24 mm. La tasa promedio de pre-gravidez fue de 21%, con una variación de 8 - 28%. Al excluir las muestras de hembras alimentadas con sacarosa la tasa se incrementó a 23%.
3. La proporción de nulíparas pre-grávidas fue de 76%, (55% de recipientes y 45 % de reposo y cebo). En cambio las paridas presentaron el 22% de pre-gravidez, las cuales fueron colectadas en intradomicilio.
4. La proporción de hembras pre-grávidas menores de 2.9 mm fue de 86% y 14% para las mayores de 2.9 mm, las cuales presentaron una distribución dependiente del tamaño alar ($X^2 = 16.42, 0.05 < P < 0.01$)
5. La tasa de pre-gravidez fue independiente de la alimentación con sacarosa ($X^2 = 2.95, 0.05 < P < 0.10$).
6. La tasa de pre-gravidez en las hembras inseminadas con y sin sacarosa fue de 15 y 25% respectivamente. Las no inseminadas con y sin sacarosa presentaron el 30 y 72% respectivamente. Sin embargo la pre-gravidez fue independiente de la condición de hembras inseminadas y no inseminadas ($X^2 = 0.868, 0.30 < P < 0.35$).
7. La proporción de hembras pre-grávidas inseminadas colectadas en intradomicilio durante 1995, fué de 87%.
8. Se estimó un modelo probabilístico para predicción de hembras pre-grávidas usando la transformación "Índice de desarrollo pre-grávido": $\left[\frac{\text{total de hembras} < 2.9 \text{ mm} - \text{hembras} > 2.9 \text{ mm}}{\text{total de hembras} + 1} \right]$, como variable independiente en la ecuación $Y = 0.481 + 0.68X$.

X. LITERATURA CITADA

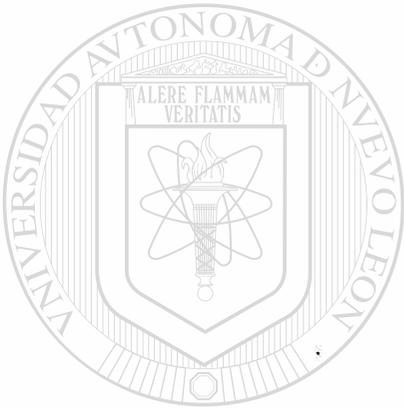
- Bar- Zeev, M. 1957. The effect of density of the larvae of a mosquito and its influence on fecundity. Bull. Res. Coun. Israel (B), 6B: 220-228.
- Billingsley, P. F. 1990. The midgut ultrastructure of hematophagous insects. Annu. Rev. Entomol. 35: 219-248.
- Briegel, H. 1986. Genetic variability of physiological parameters in blood -fed *Aedes aegypti*. . In: Eds D. Borovsky and A. Spielman. Host Regulated Developmental Mechanisms in Vector Arthropods. Proc.Vero Beach Symp. Florida. February 3-6, 1986. University of Florida, IFAS, Fla. Med. Entomol. Lab., Vero Beach, Florida.
- Christophers, S. R. 1960. *Aedes aegypti* (L): The Yellow Fever Mosquito - Its Life History, Bionomics, and Structure. Cambridge University Press, Cambridge.
- Clements, A. N. 1963. The Physiology of Mosquitoes. The MacMillan Comp. New York. 393 pp.
- Clements, A. N. 1992. The Biology of Mosquitoes. Vol. 1. Development, Nutrition and Reproduction. Chapman & Hall, London. 508 pp.
- Clements, A. N. and Boocock, M. R. 1984. Ovarian development in mosquitoes: state of growth and arrest, and follicular resorption. Physiol. Entomol. 9: 1-8.
- de Buck, A. and Swellengrebel, N. H. 1934. Behavior of Dutch *Anopheles atroparvus* and *messea* in winter under artificial conditions. Riv. Malariol. 13: 404 - 416.
- de Xue, R. D., J. D. Edman y T. W. Scott.1995. Age and size effects on blood meal size and multiple blood feeding by *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae).J. Med. Entomology 32: 471-474.
- Detinova, T. S. 1962. Age-Grouping Methods in Diptera of Medical Importance. World Health Organization Monograph. 47. 216 pp.
- Edman, J. D., D. S. Strickman, P. Kittayapong y T. W. Scott. 1992. Female *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Thailand rarely feed on sugar. J. Med.Entomol. 29: 1035-1038.
- Edman, J. D.1970. Rate of digestion of vertebrate blood in *Aedes aegypti* (L.). Am. J.Trop. Med. Hyg.19: 1031-1033.
- Epidemiología. 1995. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica. . 12: Semana 52. Secretaría de Salud de México, Subdirección General de Epidemiología, Mexico, D.F. 31 pp.

- Feinsod, F. M. and A. Spielman. 1980.** Nutrient-mediated juvenile hormone secretion in mosquitoes. *J. Insect. Physiol.* 26: 113-117.
- Focks, D. A., E. Daniels, D.G. Haile, and J.E. Keesling, 1995.** A simulation model of the epidemiology of urban dengue fever: Literature analysis, model development, preliminary validation, and samples of simulation results. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 53: 489-506.
- Gillies, M. T. 1955.** The pre-gravid phase of ovarian development in *Anopheles funestus*. *Ann. Trop. Med. Parasit.* 49: 320-325.
- Gillies, M. T. 1956.** A new character for the recognitions of nulliparous female of *Anopheles gambiae*. *Bull WHO* 15: 451-459.
- Grimstad, P. R. and E.D. Walker. 1991.** *Aedes triseriatus* (Diptera: Culicidae) and La Crosse virus.IV Nutritional deprivation of larvae affects the adult barriers to infection and transmission. *J. Med. Entomol.* 28: 378-386.
- Halstead, S. B. 1992.** Introductory Remarks. In: Eds. S. B. Halstead, , H. Gómez-Dantes. *Dengue: A Worldwide Problem, A Common Strategy.* Proceedings of the International Conference on Dengue and *Aedes aegypti* Community-Based Control. México: Ministry of Health, Rockefeller Foundation, 11-17.
- Hocking, K. S. and D. G. MacInnes. 1948.** Notes on the bionomics of *Anopheles gambiae* and *Anopheles funestus* in East Africa. *Bull. Entomol. Research.* 39: 453-465.
- Holmes, P.R. and M. H. Birley. 1987.** An improved method for survival rate analysis from time series of haematophagous dipteran populations. *J. Anim. Ecol.* 56: 427-440.
- Jones, J.C. and B.V. Madhukar. 1976.** Effects of sucrose on blood avidity in mosquitoes. *J. Insect Physiol.* 22: 357-360.
- Klowden M. J. 1994.** Endogenous regulation of the attraction of *Aedes aegypti* mosquitoes. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 10: 326-332.
- Klowden, J. and A.O. Lea. 1979.** Abdominal distention terminates subsequent host-seeking behavior of *Aedes aegypti* following a blood meal. *J. Insect Physiol.* 25: 583-585.
- Klowden, M. J., J. L. Blackmer and G. M. Chambers. 1988.** Effects of larval nutrition on the host-seeking behavior of adult *Aedes aegypti* mosquitoes. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 4: 73-75.
- Lehane, M. J. and A. R. Msangi. 1991.** Lectin and peritrophic membrane development in the gut of *Glossina m. morsitans* and a discussion of their role in protecting the fly against *Trypanosoma* infection. *Med. Vet. Entomol.* 7: 328-332.

- Lyimo, E. O. and W. Takken, 1993.** Effects of adult body size on fecundity and the pre-gravid rate of *Anopheles gambiae* females in Tanzania. *Med. Vet. Entomol.* 7: 328-332.
- Mahmood, F., L. L. Walters, H. Guzmán and R. B. Tesh. 1991.** Effect of Ivermectin on the ovarian development of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Entomol.* 28:701-707.
- Martínez-Muñoz, J. P. 1995.** Ecología larvaria de *Aedes (Segomyia) albopictus* (Skuse) en tres Municipios del Noreste de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. N.L. Mexico. 70 pp.
- McClelland, G. A. H. and G. R. Conway. 1971.** Frequency of blood in the mosquito *Aedes aegypti*. *Nature.* 232: 484-486.
- Mer, G. G. 1936.** Experimental study on the development of the ovary in *Anopheles elutus* Edw. (Dipt. Culic.). *Bull. Ent. Res.*, 27, 351.
- Nasci, R. S. 1986.** The size emerging and host-seeking *Aedes aegypti* and the relation of size to blood-feeding success in the field. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 2: 61-62.
- Nasci, R.S., y C. J. Mitchell. 1994.** Larval diet, adult size, and susceptibility of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) to infection with Ross River. *J. Med. entomol.* 31: 123-126.
- Nasci, S. R. 1990.** Relationship of wing length to adult dry weight in several mosquitoes species (Diptera: Culicidae). *J. Med. Entomol.* 27: 716-719.
- O' Meara, F. G. 1985.** Gonotrophic interactions in mosquitoes: kicking the blood-feeding habit. *Florida Entomol.* 68: 122-133.
- Paulson, S. L. and W. A. Hawley. 1991.** Effect of body size on the vector competence of field and laboratory populations of *Aedes triseriatus* for La Crosse virus. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 7: 170-175.
- Powell, J.R., A.L. Hollander and M. S. Fuchs. 1986.** Chorion synthesis, tanning and sclerotization in *Aedes aegypti*. In: Eds. D. Borovsky and A. Spielman. Host Regulated Developmental Mechanisms in Vector Arthropods. Proc. Vero Beach Symp. Florida. February 3-6, 1986. University of Florida, IFAS, Fla. Med. Entomol. Lab., Vero Beach, Florida.
- Rao, V. V. 1947.** On gonotrophic discordance among certain Indian *Anopheles*. *Ind. J. Mal.* 1: 43-49.
- Reisen, W. K., R. P. Meyer and M. M. Milby. 1986.** Patterns of fructose feeding by *Culex tarsalis* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Entomol.* 23: 366 -373.

- Reyes-Villanueva, F. 1990.** El dengue. Bionomía del vector, transmisión y opciones para su control en México. *Ciencia*. 41: 45-55.
- Roubaud, E. 1929.** Recherches biologiques sur le moustique de la fièvre jaune, *Aedes aergenteus* Poiret. *Ann. Inst. Pasteur, París*. 43:1093.
- Siegel, J. P., R. J. Novak, R. L. Lampman and B. A. Steinly. 1992.** Statistical appraisal of the weight-wing length relationship of mosquitoes. *J. Med. Entomol.* 29: 711-714.
- Singh, J. and B. N. Mohan. 1951.** Studies on nocturnal activity of *Anopheles fluviatilis* James, 1902. *Ind. J. Malariol.* 5: 513-525.
- Scott, T. W., G. G. Clark, L. H. Lorenz, P. H. Amerasinghe, P. Reiter and J. Edman. 1993.** Detection of multiple blood feeding in *Aedes aegypti* during a single gonotrophic cycle using a histologic technique. *J. Med. Entomol.* 30: 94-99.
- Spielman, A. 1971.** Bionomics of autogenous mosquitoes. *Annu. Rev. Entomol.* 16: 231- 248.
- Swellengrebel, N. H. 1929.** La dissociation des fonctions sexuelles et nutritives (Dissociation gono-trophique) d' *Anopheles maculipennis* comme cause du paludisme dans les pays- bas et ses rapports avec "l'infection domiciliaire". *Ann. Inst. Pasteur Paris* 43: 1370 - 89.
- Trpis, M. and W. Hausermann. 1986.** Dispersal and other population parameters of *Aedes aegypti* in an African village and their possible significance in epidemiology of vector-borne disease. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 35: 1263-1279.
- Van Handel E., J. D. Edman, J. F. Day, T. W. Scott, G. G. Clark, Reiter, P. and H. C. Lynn. 1994.** Plant- sugar, glycogen, and lipid assay of *Aedes aegypti* collected in urban Puerto Rico and Florida. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 10: 149-153.
- Van Handel, E. 1984.** Metabolism of nutrients in the adult mosquito. *Mosq. News* 44: 573-579.
- Van Handel, E. and J. F. Day. 1989.** Correlation between wing length and protein content of mosquitoes. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 5: 180-182.
- Van Handel, E. and J. F. Day. 1990.** Nectar feeding habits of *Aedes taeniorhynchus*. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 6: 270-273.
- W.H.O. 1975.** W.H.O. Manual on Practical Entomology in Malaria. Part II. Methods and Techniques. Geneva, World Health Organization. 91 pp.
- Wada, Y. 1965.** Effects of larval density on the development of *Aedes aegypti* (L) and the size of adults. *Quaest. Entomol.* 1: 223- 249.

- West, A. S. and G. S. Eligh. 1952.** The rate of digestion of blood in mosquito precipitin test studies. *Can. J. Zool.* 30: 267- 272.
- Williams, C. A. 1956.** Digestion de serum proteins by *Aedes aegypti*. *Proc. Fourteenth Int. Congr. Entomol.*, 1953, p. 278.
- Yasuno, M. and J, Tonn. 1970.** A study of biting habits of *Aedes aegypti* in Bangkok, Thailand. *Bull. W.H.O.* 43: 319-325.
- Zar, J. H. 1974.** *Biostatistical Analysis.* Prentice-Hall, Inc. 620 pp.

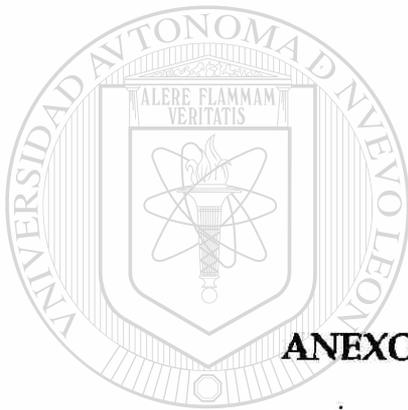


UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



ANEXOS (TABLAS Y FIGURAS)

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

- Tabla 1. Tasa de pre-gravidez, estados de Christophers, Sella y estructura de edades de las hembras pre-grávidas de nueve muestras de poblaciones urbanas de *Aedes aegypti* en Monterrey, México.
- Tabla 2. Media \pm error standard (ES) de longitud alar de hembras totales, rango alar y número de hembras menores y mayores de 2.9 mm, de 540 hembras colectadas como pupas en tambos y llantas, hembras colectadas en reposo y con cebo humano intradomiciliar, en Monterrey, México.
- Tabla 3. Media \pm error standard (ES) de longitud alar de hembras pre-grávidas, rango alar y número de hembras menores y mayores de 2.9 mm, de poblaciones urbanas de *Aedes aegypti*, en Monterrey, México.
- Tabla 4. Análisis de varianza de un sólo factor de la media alar (mm) de las hembras totales de nueve muestras de poblaciones urbanas de *Aedes aegypti* en Monterrey, México.
- Tabla 5. Análisis de varianza de un sólo factor de la media alar (mm) de hembras pre-grávidas de nueve muestras de las poblaciones urbanas de *Aedes aegypti* en Monterrey, México.
- Tabla 6. Análisis de varianza de la regresión lineal del logaritmo de pre-grávidas totales $[\log (X + 1)]$ sobre $\{(\text{Total de hembras } < 2.9 \text{ mm}) - \text{hembras } > 2.9 \text{ mm})^{-1} + 1\}$ de siete muestras de poblaciones urbanas de *Aedes aegypti*, en Monterrey, México.
- Tabla 7. Validación teórica de la ecuación $Y = 0.481 + 0.68 X$ para calcular hembras pre-grávidas en siete muestras (N=50) seleccionadas al azar, a partir de las muestras reales (N=60), de las poblaciones urbanas de *Aedes aegypti* en Monterrey, México.

Fig. 1. Distribución de hembras pre-grávidas de *Aedes aegypti* en relación a la longitud alar y estados de Christophers, 48 hrs después de una comida de sangre a repleción, emergidas de pupas colectadas en tambos de 200L. 1A. Hembras alimentadas con sacarosa. 1B. Hembras alimentadas con sangre.

Fig. 2. Distribución de hembras pre-grávidas de *Aedes aegypti* en relación a la longitud alar y estados de Christophers, 48 hrs después de una comida de sangre a repleción, emergidas de pupas colectadas en llantas. 2A. Hembras alimentadas con sacarosa. 2B. Hembras alimentadas con sangre.

Fig. 3. Distribución de hembras pre-grávidas de *Aedes aegypti* en relación a la longitud alar y estados de Christophers, 48 hrs después de una comida de sangre a repleción, colectadas en reposo intradomiciliar. 3A. Hembras colectadas en Mayo, 1995. 3B. Hembras colectadas en Octubre, 1995.

Fig. 4. Distribución de hembras pre-grávidas de *Aedes aegypti* en relación a la longitud alar y estados de Christophers, 48 hrs después de una comida de sangre a repleción, colectadas con cebo humano. 4A. Colectada de Oct-Nov., 1994. 4B. Colectada de Mayo, 1995. 4C. Colectada de Oct-Nov. 1995.

Fig. 5. Distribución de hembras inseminadas pre-grávidas de *Aedes aegypti* en relación a su longitud alar y estados de Christophers, después de 48 hr de una comida a repleción, colectadas como pupas en tambos y llantas en Octubre, 1994. 5A. Inseminadas con sacarosa. 5B. Inseminadas sin sacarosa.

Fig. 6. Distribución de hembras no inseminadas pre-grávidas de *Aedes aegypti* en relación a su longitud alar y estados de Christophers, después de 48 hr de una comida a repleción, colectadas como pupas en tambos y llantas en Octubre, 1994. 5A. No inseminadas con sacarosa. 5B. No inseminadas sin sacarosa.

Fig. 7. Tendencia de la pre-gravidez en hembras de *Aedes aegypti*, de acuerdo a su tamaño corporal.

Fig. 8. Relación entre el número de pre-grávidas [$\log (X+ 1)$] y el Índice de Desarrollo Pre-grávido para siete muestras de hembras de *Aedes aegypti* colectadas a nivel urbano en Monterrey, Mexico.

Tabla 1. Tasa de pre-gravidez, estados de Christophers, Sella y estructura de edades de las hembras pregrávidas¹ de nueve muestras de poblaciones urbanas de *Aedes aegypti* en Monterrey, México.

Muestra	N	No. de hembras pre-gravidas (%)	Estados de Christophers (%)	Estados de Sella			Estructura de edad	
				I	VI	VII	Nulíparas	Paridas
Tambos con sacarosa	60	5(8)	I	3	0	0	3	0
			II	2	0	0	2	
Tambos sin sacarosa	60	14(23)	I	8	2	1	11	0
			II	3	0	0	3	
Llantas con sacarosa	60	13(22)	I	10	0	1	11	0
			II	2	0	0	2	
Llantas sin sacarosa	60	16(27)	I	13	3	0	16	0
			II	0	0	0	0	
Reposo Mayo, 95	60	10(17)	I	3	0	1	2	2
			II	2	2	2	0	6
Reposo Oct. 95	60	13(22)	I	8	2	0	9	1
			II	2	0	0	1	1
			III	0	0	1	-	1
Cebo Hu Oct. 94	60	17(28)	I	8	0	0	8	0
			II	9	0	0	5	4
Cebo Hu. May, 95	60	12(20)	I	3	0	3	5	1
			II	2	0	4	4	2
Cebo Hu. Oct. 95	60	15(25)	I	9	1	0	5	5
			II	2	0	0	0	2
			III	3	0	0	-	1
TOTAL (%)	540	115 21	-	92	10	13	87	25
				80	9	11	76	22

¹ La paridad sólo fué determinada para una hembra con Christophers III y huevos relicto.

Tabla 2. Media \pm error standard (ES) de longitud alar de hembras totales¹, rango alar y número de hembras² menores y mayores de 2.9 mm, de 540 hembras colectadas como pupas en tambos y llantas, hembras colectadas en reposo y con cebo humano intradomiciliario, en Monterrey, México.

Muestra	$\bar{X} \pm$ ES de hembras totales ³	Rango alar (mm)	No. de hembras (<2.9mm)	$\bar{X} \pm$ ES de hembras <2.9 mm	No. de hembras (>2.9mm)	$\bar{X} \pm$ ES de hembras >2.9 mm
Cebo humano Octubre, 1995	2.55 \pm 0.03 a	1.88-3.1	56	2.52 \pm 0.03	4	2.99 \pm 0.04
Llantas con sacarosa	2.58 \pm 0.03 a	2.00-3.28	56	2.55 \pm 0.03	4	3.03 \pm 0.08
Tambos con sacarosa	2.65 \pm 0.02 b	2.16-3.08	58	2.64 \pm 0.02	2	3.06 \pm 0.02
Cebo humano Mayo, 1995	2.66 \pm 0.03 bc	1.92-3.28	46	2.55 \pm 0.03	14	3.04 \pm 0.03
Llantas sin sacarosa	2.69 \pm 0.03bcd	2.2-3.24	42	2.53 \pm 0.03	18	3.07 \pm 0.02
Cebo humano Octubre, 1994	2.71 \pm 0.03 ce	2.2-3.24	44	2.60 \pm 0.03	16	3.03 \pm 0.02
Reposo Octubre, 1995	2.71 \pm 0.03dfe	2.08-3.28	44	2.59 \pm 0.03	16	3.07 \pm 0.03
Tambos sin sacarosa	2.81 \pm 0.03 g	2.28-3.32	37	2.64 \pm 0.03	23	3.09 \pm 0.03
Reposo Mayo, 1995	2.85 \pm 0.03 gh	1.92-3.2	27	2.61 \pm 0.05	33	3.06 \pm 0.01
TOTAL	2.69 \pm 0.01	1.88-3.32	410	2.58 \pm 0.01	130	3.06 \pm 0.009
%			76		24	

¹ Cada muestra es de N = 60 hembras

² Según criterio de Feinsod y Spielman (1980) (ver texto).

³ Medias seguidas de una misma letra son iguales estadísticamente, de acuerdo a la prueba de Scheffé al nivel de P 0.05.

Tabla 3. Media \pm error standard (ES) de longitud alar de hembras pre-grávidas, rango alar y número de hembras menores y mayores¹ de 2.9 mm, de poblaciones urbanas de *Aedes aegypti* en Monterrey, México.

Muestra	$\bar{X} \pm ES$ de hembras ²	Rango alar (mm)	No. de hembras <2.9mm	$\bar{X} \pm ES$ de hembras pequeñas	No. de hembras >2.9mm	$\bar{X} \pm ES$ de hembras grandes
Cebo Hum. Octubre, 1995	2.49 \pm 0.05 a	2.04-2.82	15	2.49 \pm 0.05	0	0
Llantas sin sacarosa	2.51 \pm 0.05 a	2.20-3.04	15	2.48 \pm 0.04	1	-
Llanta con sacarosa	2.56 \pm 0.08 a	2.12-2.88	13	2.56 \pm 0.08	0	0
Tambos con sacarosa	2.60 \pm 0.06 ab	2.44-2.76	5	2.60 \pm 0.06	0	-
Tambos sin sacarosa	2.65 \pm 0.05 ab	2.40-3.04	12	2.58 \pm 0.04	2	3.04
Reposo Octubre, 1995	2.66 \pm 0.06 ab	2.16-3.24	12	2.62 \pm 0.05	1	-
Cebo Hum. Mayo, 1995	2.66 \pm 0.08 ab	2.16-3.16	9	2.55 \pm 0.07	3	3.01 \pm 0.07
Cebo Hum. Octubre, 1994	2.76 \pm 0.05 b	2.36-3.04	11	2.63 \pm 0.05	6	3.00 \pm 0.02
Reposo Mayo, 1995	2.78 \pm 0.10 b	2.08-3.20	7	2.62 \pm 0.09	3	3.17 \pm 0.01
TOTAL	2.63 \pm 0.02	2.04 \pm 3.24	99	2.56 \pm 0.02	16	3.05 \pm 0.02
%			86		14	

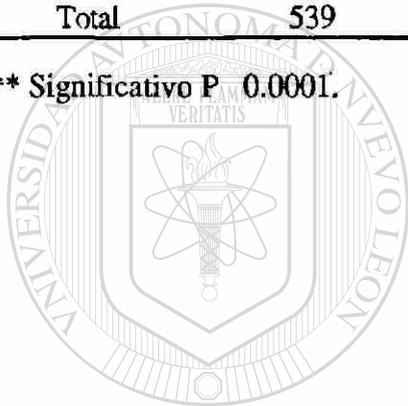
¹Según criterio de Feinsod y Spielman (1980) (ver texto).

² Medias seguidas de la misma letra son iguales estadísticamente, de acuerdo a la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher al nivel α 0.05.

Tabla 4. Análisis de varianza de un sólo factor de la media alar (mm) de las hembras totales de nueve muestras de las poblaciones urbanas de *Aedes aegypti*, en Monterrey, México.

Tratamiento	G.L	SC	CM	F
Entre grupo	8	4.549	0.5686	130.527**
Intra grupos	480	6.606	0.014	
Residual	472	2.056	0.0044	
Total	539	41.981	-	

** Significativo P = 0.0001.



UANL

Tabla 5. Análisis de varianza de un sólo factor de la media alar (mm) de hembras pre-grávidas de nueve muestras de las poblaciones urbanas de *Aedes aegypti*, en Monterrey, México.

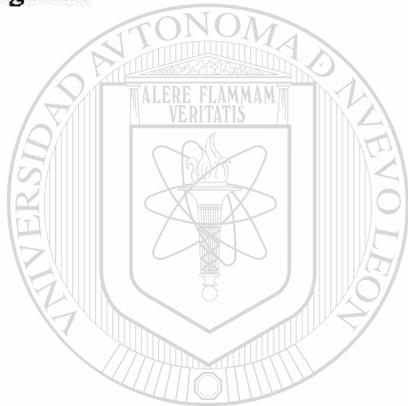
Tratamiento	G.L	SC	CM	F
Entre grupos	8	1.14	0.142	2.38*
Intra grupos	106	6.345	0.06	
Total	114	7.485		

* Significativo P 0.05.

Tabla 6. Análisis de varianza de regresión lineal del logaritmo de pre-grávidas totales $[\log (X + 1)]$ sobre $\{[N^{\circ}$ de totales pequeñas (<2.9 mm)- hembras (>2.9 mm)] $^{-1} + 1\}$ de siete muestras de poblaciones urbanas de *Aedes aegypti* en Monterrey, México.

Tratamiento	G.L	SC	CM	F
Regresión	1	0.018	0.018	5.929 *
Error	5	0.015	0.003	
Total	6	0.032		

* Significativo P 0.05.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

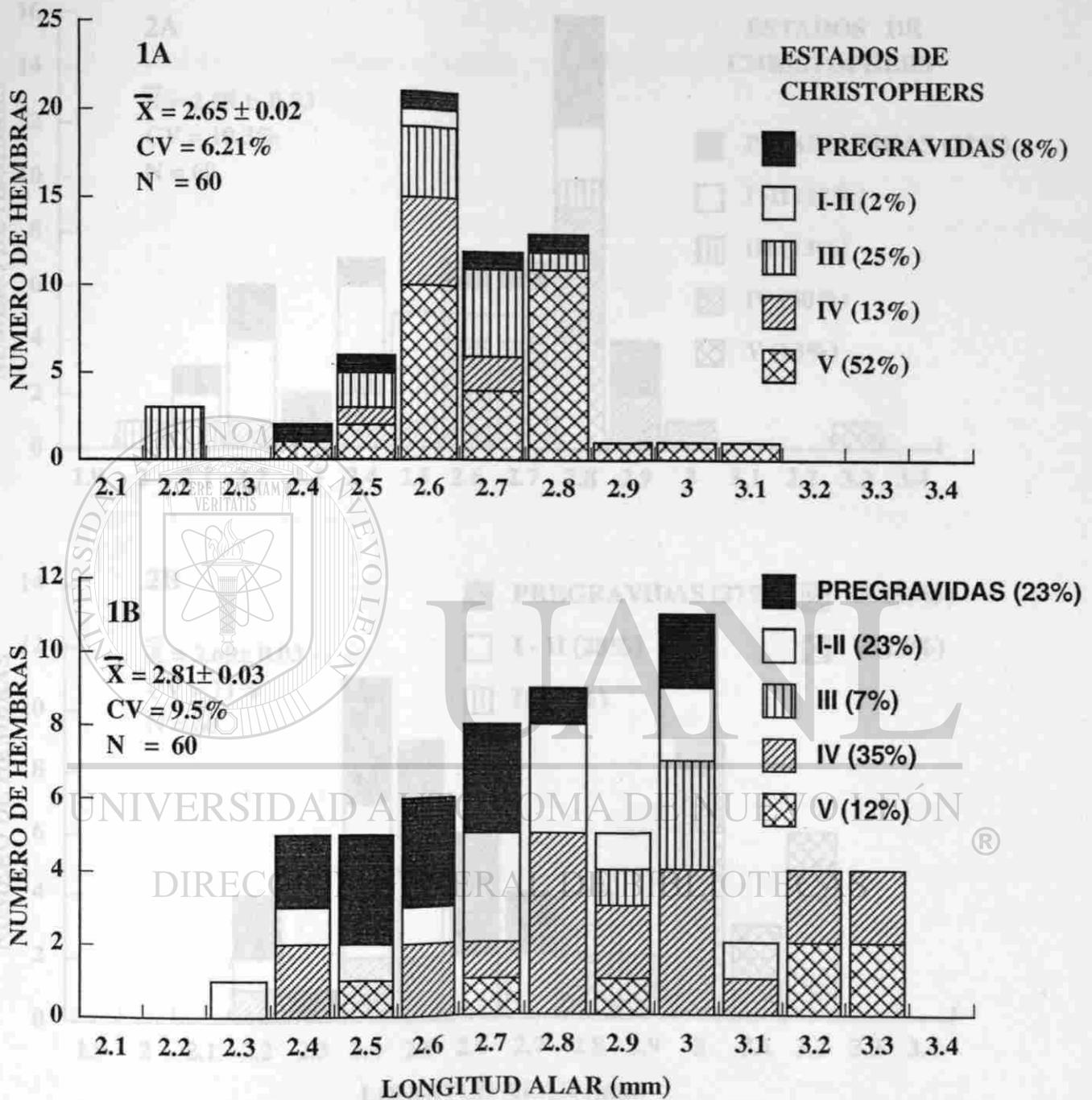


Fig.1 Distribución de hembras pre-grávidas de *Aedes aegypti*, en relación a la longitud alar y estados de Christophers, 48 hrs después de una comida de sangre a replesión, emergidas de pupas colectadas en tambos (200L). 1A. Hembras alimentadas con sacarosa.

1B. Hembras sin sacarosa.

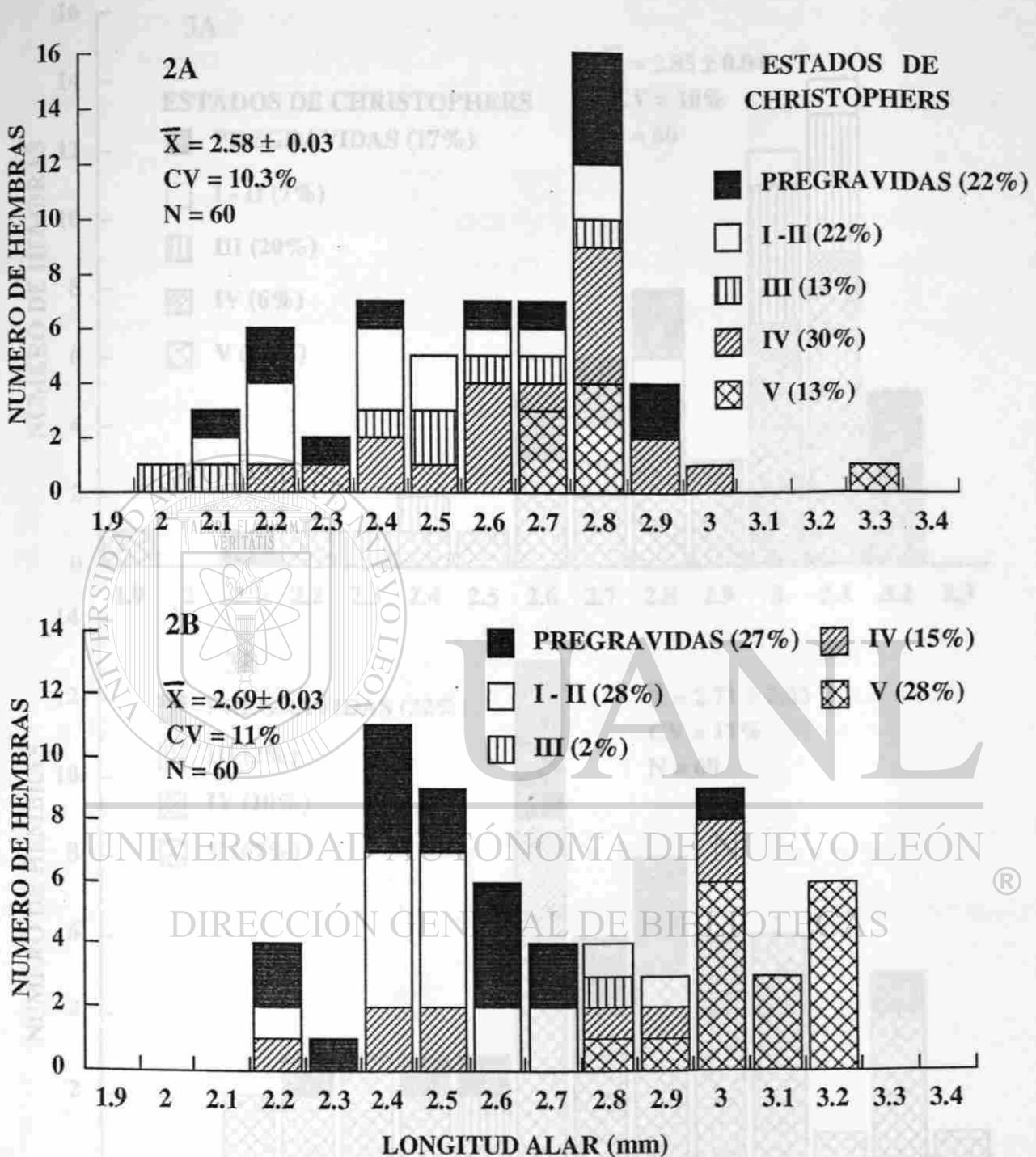


Fig. 2. Distribución de hembras pre-grávidas de *Aedes aegypti*, en relación a la longitud alar y estados de Christophers, 48 hr después de una comida de sangre a replesión, emergidas de pupas colectadas en llantas. 2A. Hembras alimentadas con sacarosa. 2B. Hembras alimentadas sin sacarosa.

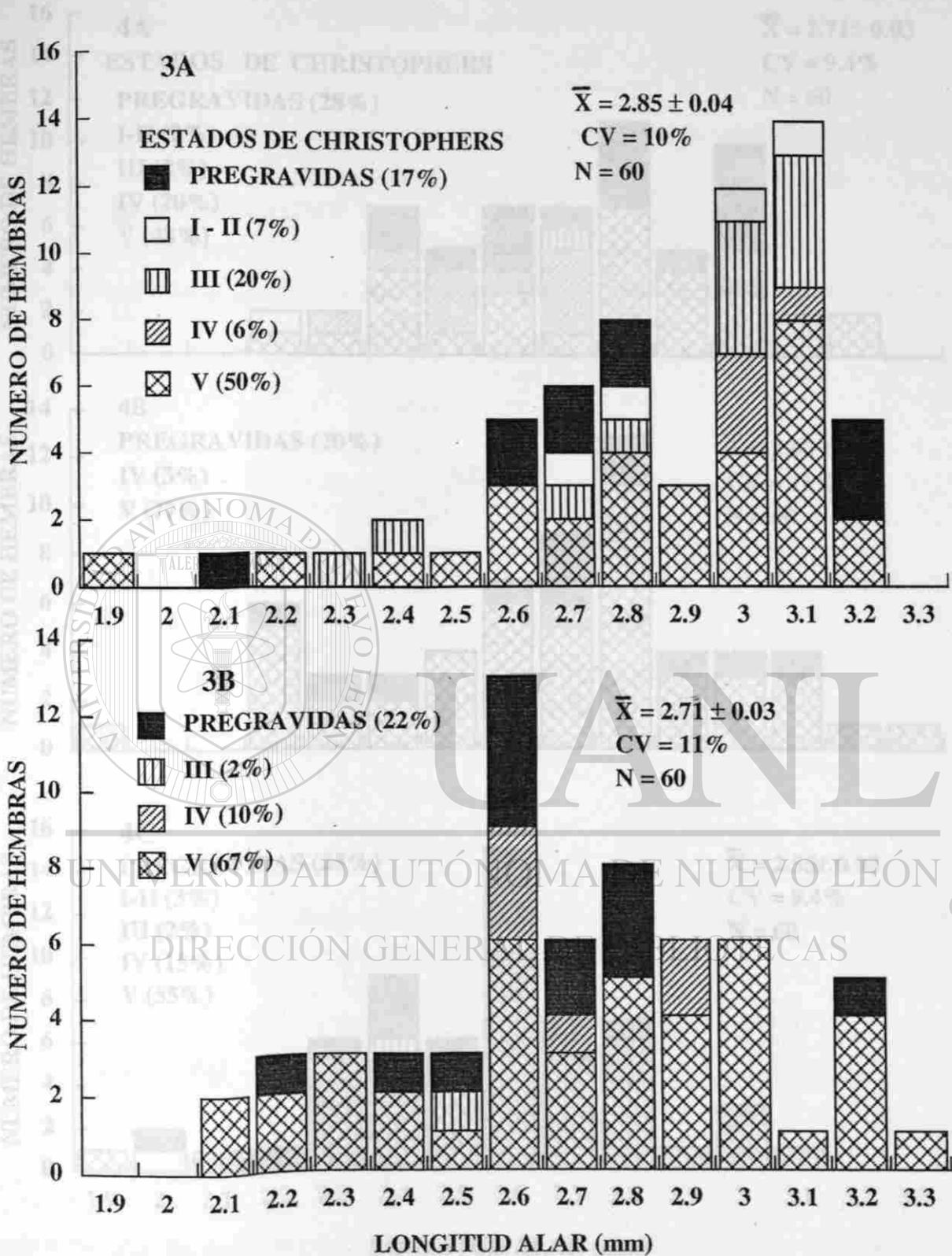
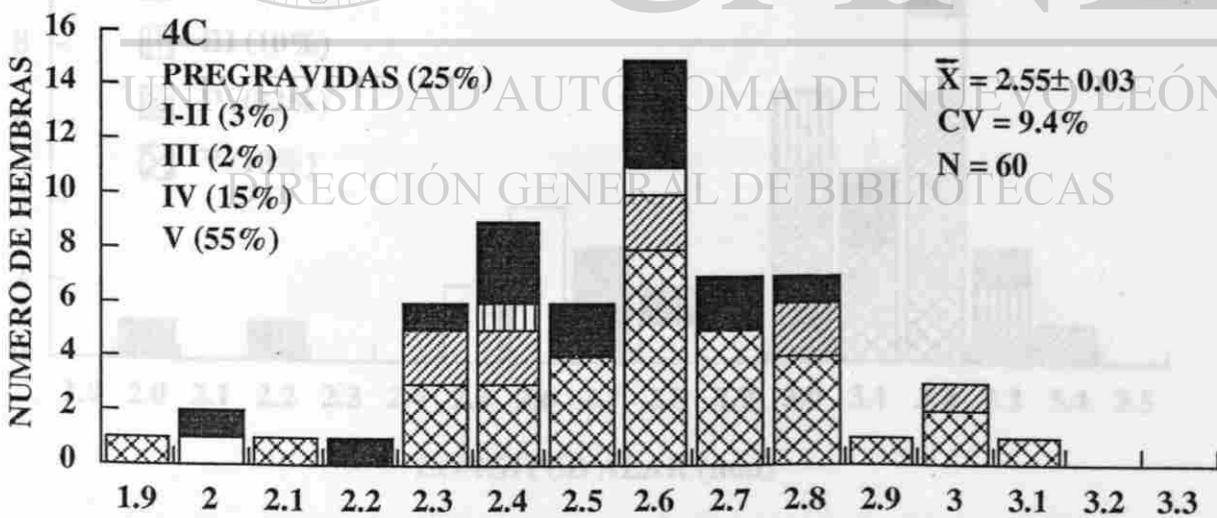
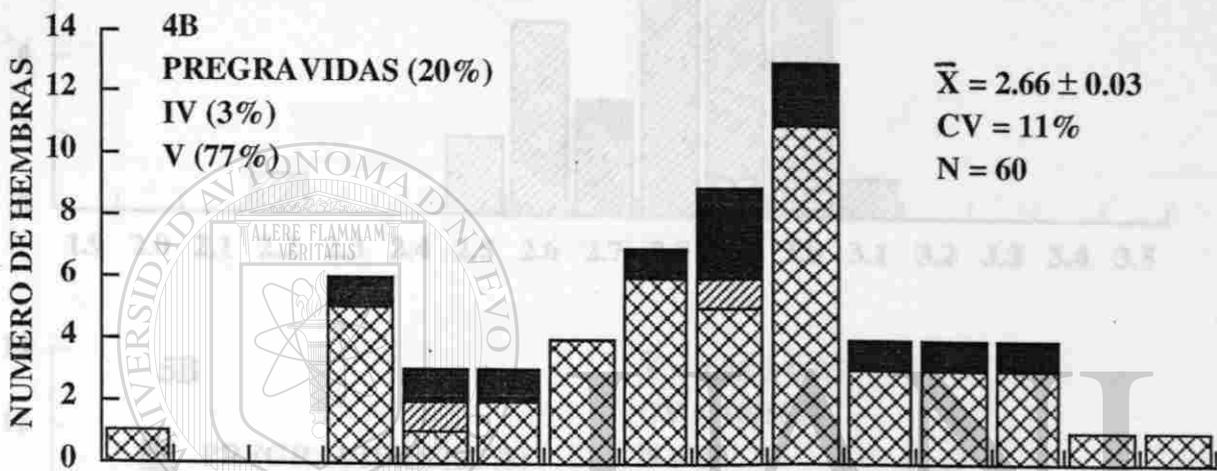
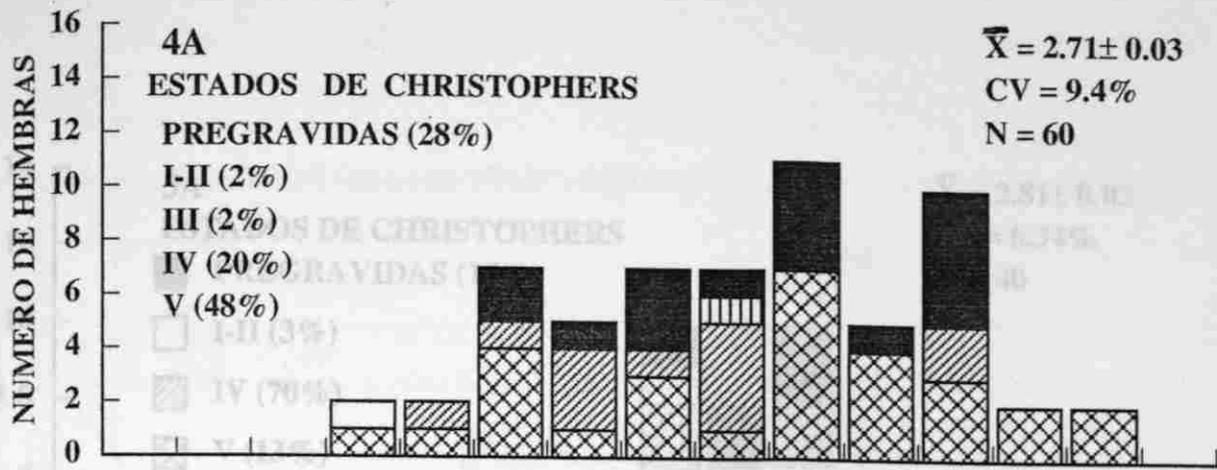


Fig. 3. Distribución de hembras pre-grávidas de *Aedes aegypti* en relación a su longitud alar y estados de Christophers, 48 hrs después de una comida sanguínea a replesión, colectadas en reposo intradomiciliar. 3A. Hembras colectadas en Mayo, 1995. 3B. Hembras colectadas en Octubre, 1995.



LONGITUD ALAR (mm)

Fig.4. Distribución de hembras pre-grávidas de *Aedes aegypti* en relación a la longitud alar y estados de Christophers, de tres muestras colectadas con cebo humano intradomiciliar. 4A. Colecta de Octubre, 1994. 4B. Colecta de Mayo, 1995. 4C. Colecta de Octubre, 1995.

■ PREGRAVIDAS □ I-II ▨ III ▩ IV ⊞ V

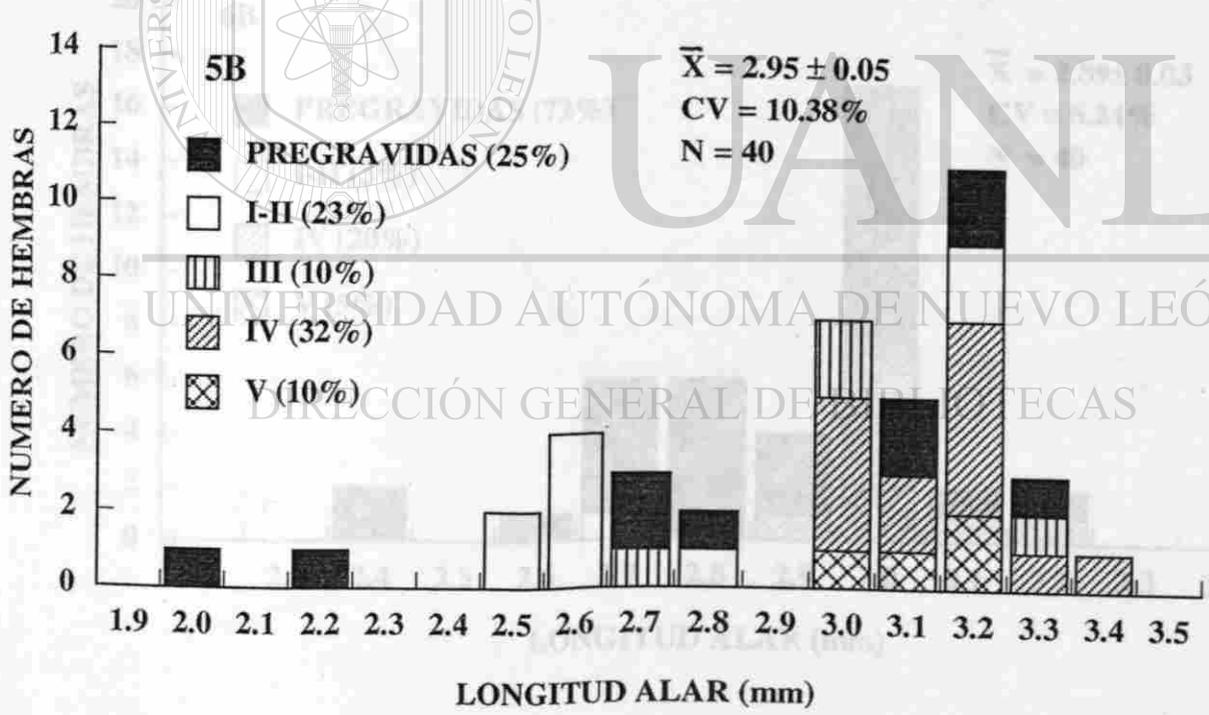
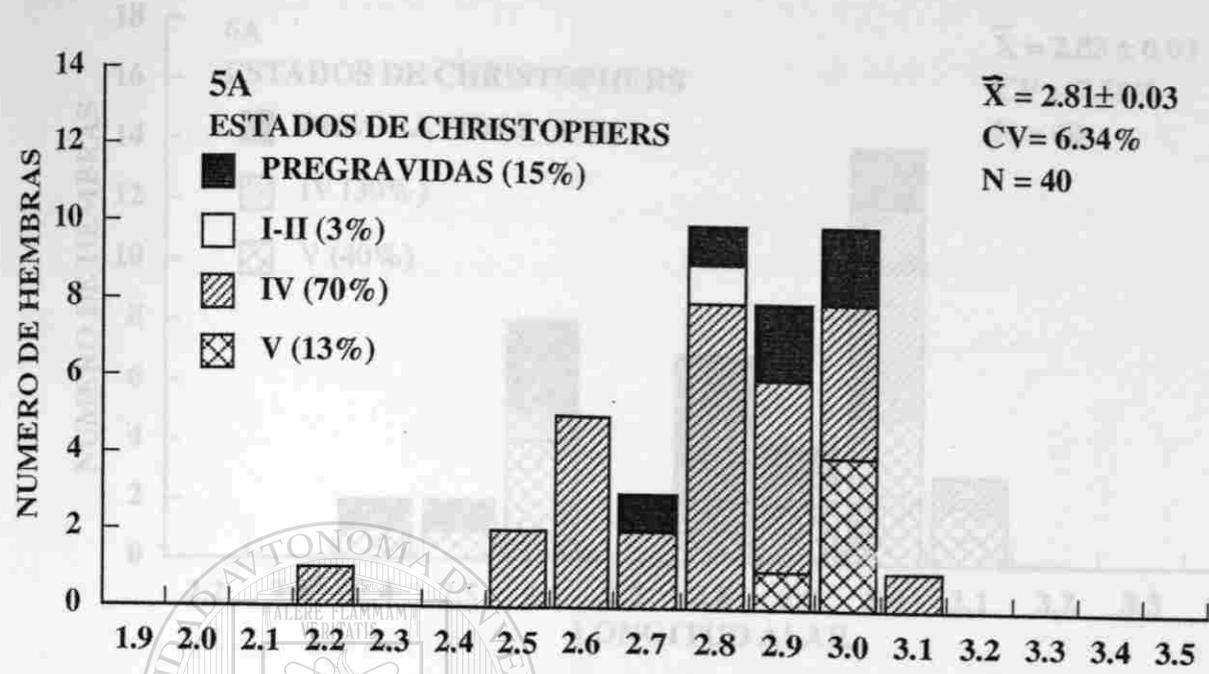


Fig.5. Distribución de hembras inseminadas pregrávidas de *Aedes aegypti* en relación a su longitud alar y estados de Christophers, después de 48 hrs de una comida sanguínea a replesión, colectadas como pupas en tambos y llantas en Octubre, 1994. Fig. 5A. Inseminadas con sacarosa. Fig. 5B. Inseminadas sin sacarosa.

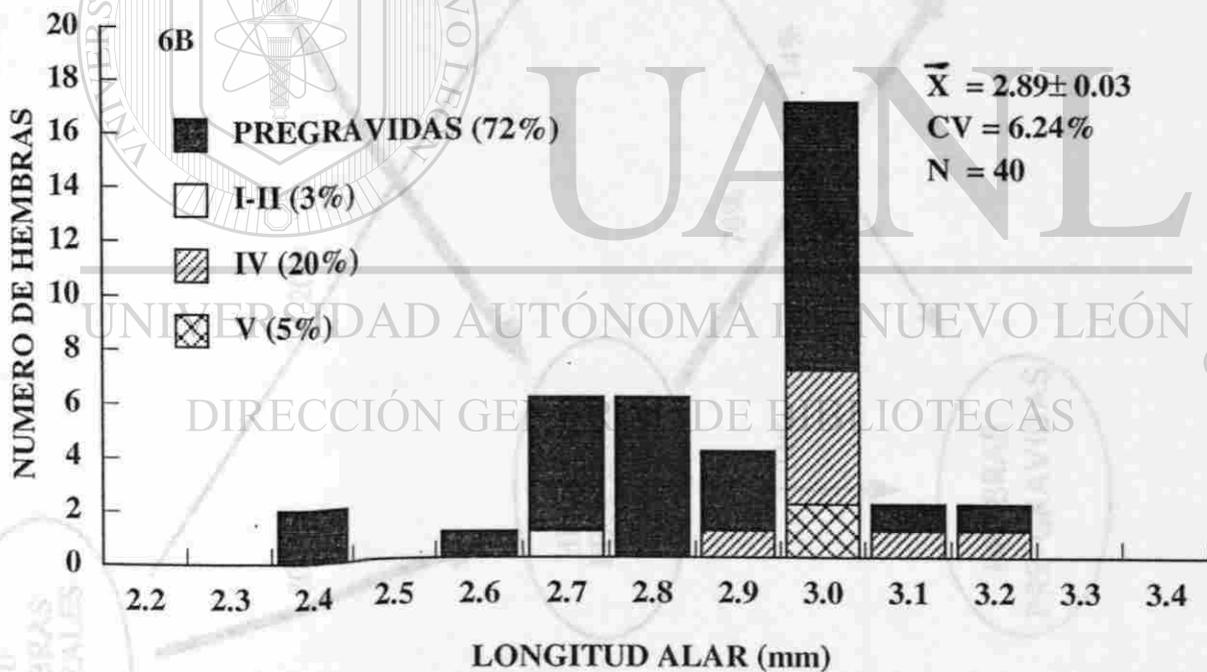
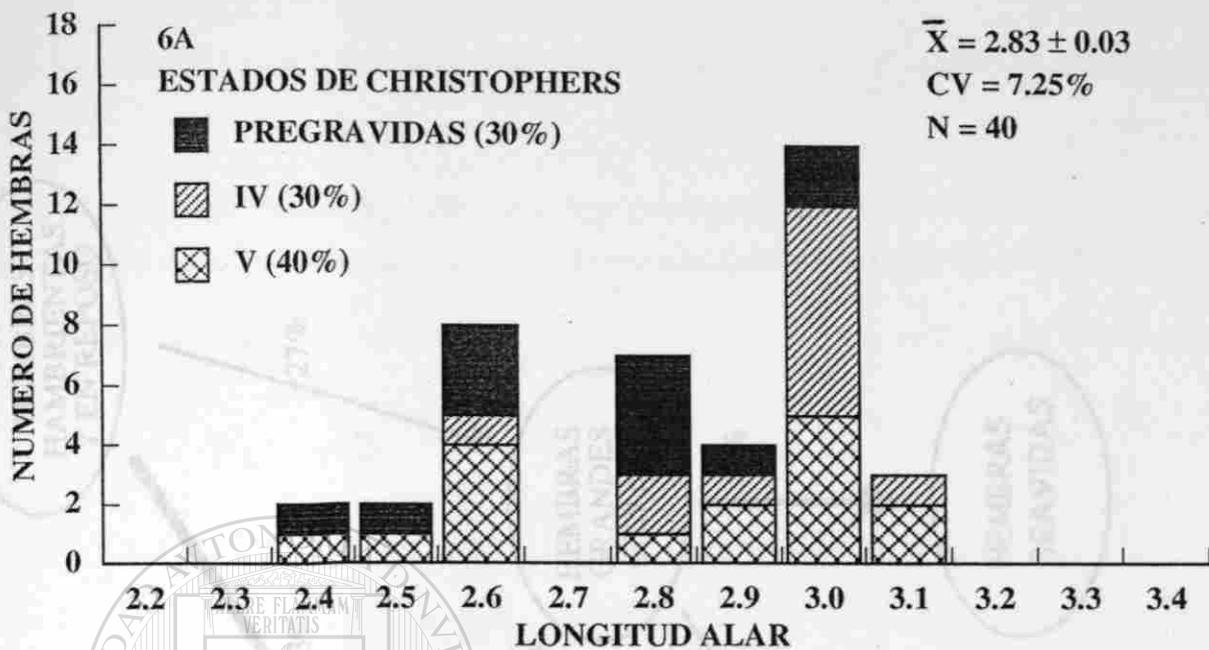


Fig.6. Distribución de hembras no inseminadas pregravidas de *Aedes aegypti*, en relación a su longitud alar y estados de Christophers, después de 48 h. de una comida sanguínea a replesión, colectadas como pupas en tambos y llantas en Octubre 1994. Fig 6A. No inseminadas con sacarosa. Fig. 6B. No inseminadas sin sacarosa.

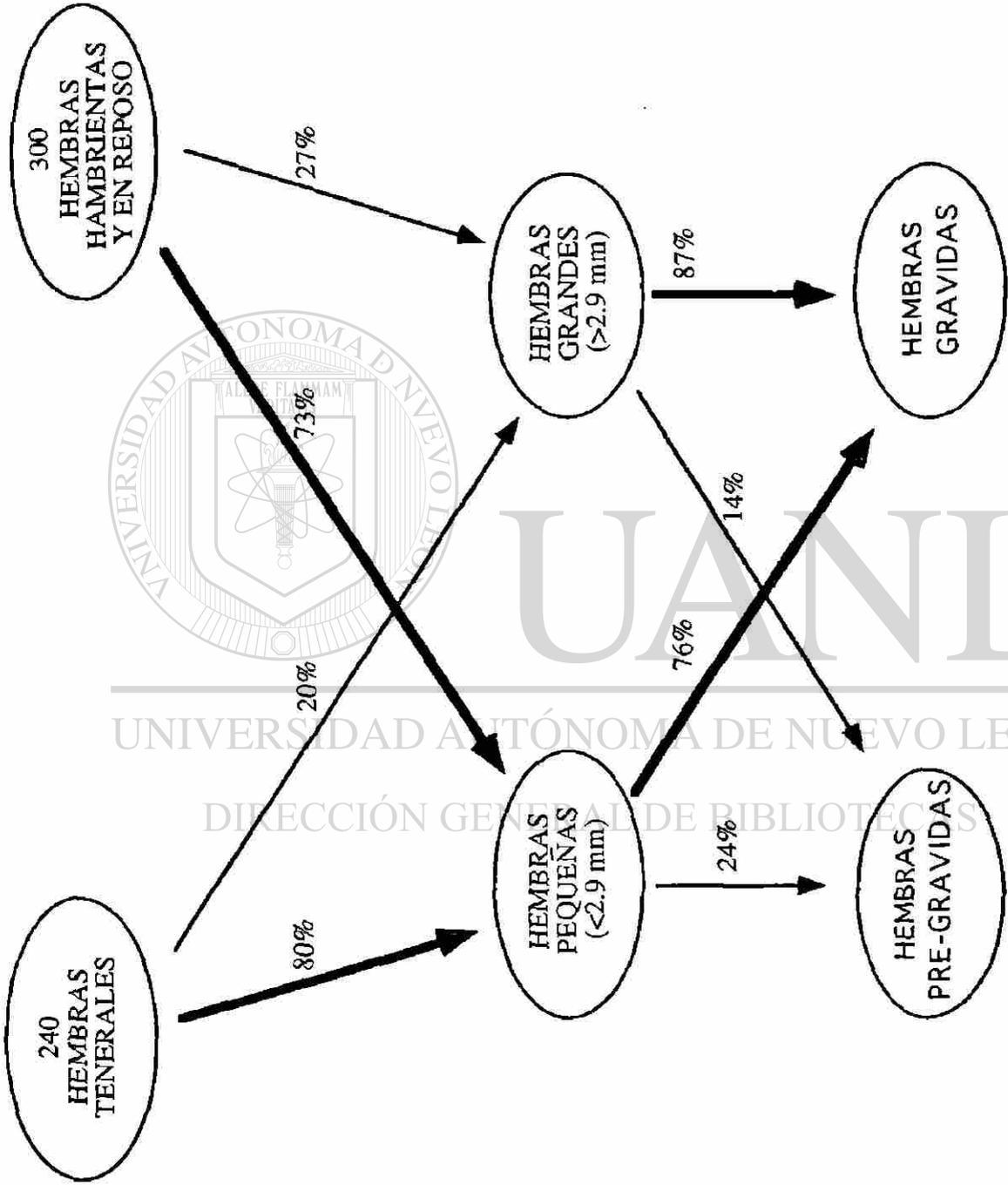


Fig. 7. Tendencia de la tasa de pre-gravidez en hembras de *Aedes aegypti*, de acuerdo a su tamaño corporal.

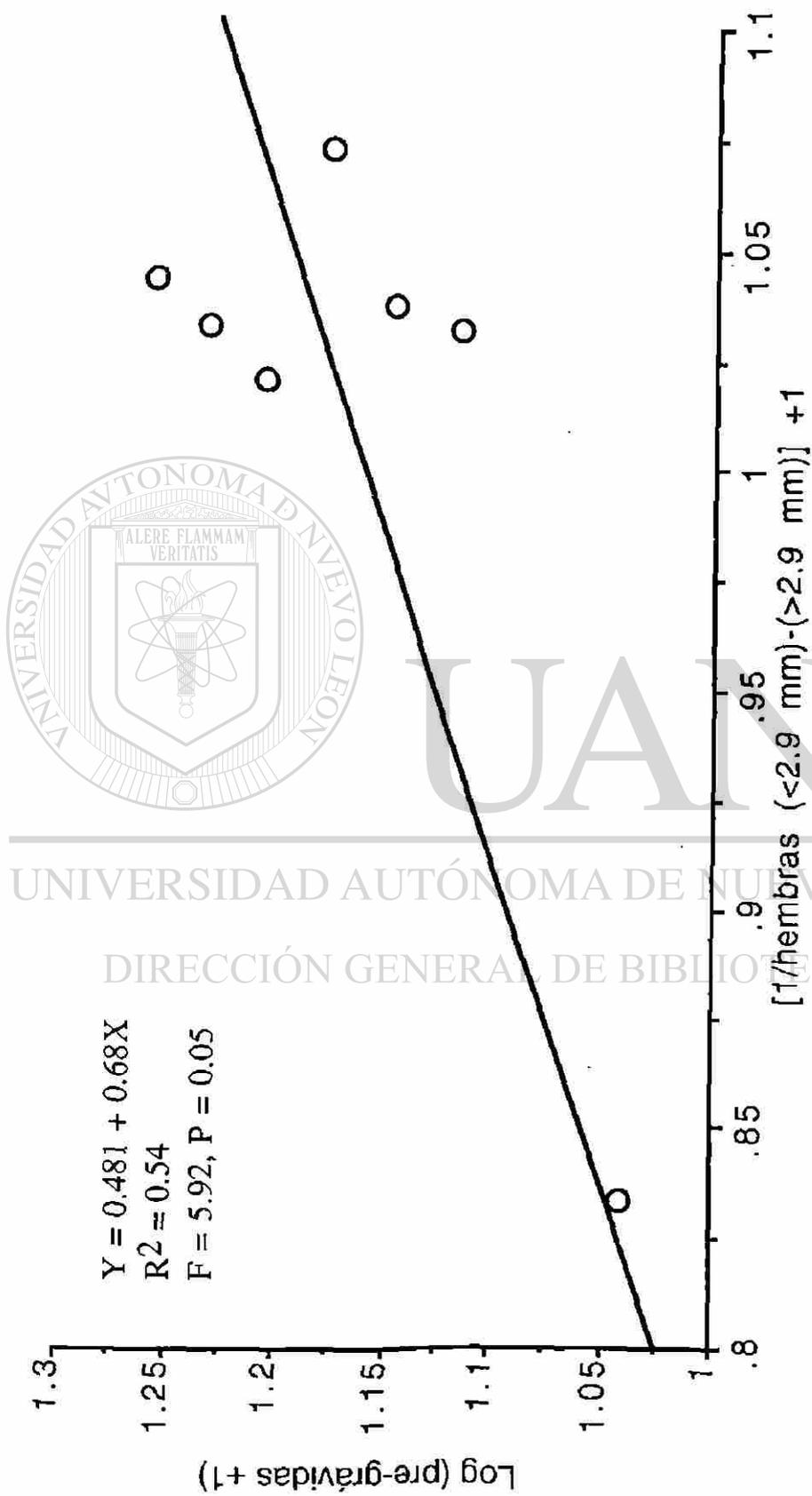


Fig. 8. Relación entre el número de pre-gravidas $[\log (X + 1)]$ y el Índice de Desarrollo Pre-grávido (ver texto) para siete muestras de hembras de *Aedes aegypti* colectadas a nivel urbano en Monterrey, México. ®

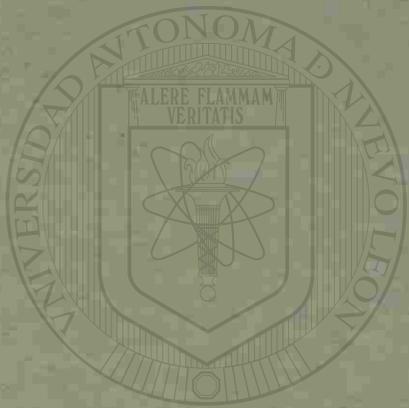
Tabla 7. Validación teórica de la ecuación $Y = 0.481 + 0.68X$ para calcular hembras pre-grávidas en siete muestras (N=50) seleccionadas al azar¹ a partir de las muestras reales (N= 60), de las poblaciones urbanas de *Aedes aegypti* en Monterrey, México.

Muestra	N	Hembras <2.9 mm	Hembras >2.9 mm	Potencial de Pre-gravidez ²	Nº de pre-grávidas observadas	Nº de pre-grávidas esperadas	(O-E) ² /E
Cebo Octubre-95	50	47	3	1.022	11	13.96	0.62
Cebo Mayo-95	50	39	11	1.035	11	14.27	0.74
Cebo Octubre-94	50	36	14	1.045	14	14.52	0.018
Llantas	50	34	16	1.055	12	14.77	0.51
Tambos	50	31	19	1.083	11	15.48	1.29
Reposo Mayo-95	50	21	29	0.875	9	10.91	0.33
Reposo Octubre-95	50	36	14	1.045	10	14.52	1.40
TOTAL	350	244	106		78		$\Sigma = X^2 = 4.90^*$

¹ La bondad de ajuste entre pre-grávidas calculadas y observadas se calculó con una prueba de X^2 .

² Potencial de pre-gravidez = (hembras totales <2.9 mm - hembras > 2.9 mm)⁻¹ + 1

* Significativa con $X^2 < P 0.05$



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS