

8. RESULTADOS Y DISCUSION

1) Especies de Mosquitos Colonizadoras.

El Campo Agrícola Experimental del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey se encuentra ubicado en el Municipio de Apodaca, Nuevo León, incluido actualmente dentro del área urbana de la zona Metropolitana. El tiempo en que se desarrolló el presente estudio abarcó desde el 20 de Agosto de 1999 hasta el 9 de Julio del 2000.

Por orden de importancia para todo programa de control de plagas se empezará a mostrar y discutir los resultados de esta investigación con las cinco especies de mosquitos colonizadoras de los contenedores artificiales que sirvieron como sistemas de prueba a lo largo de este estudio.

Las especies de mosquitos pertenecientes a la familia Culicidae que colonizaron los contenedores artificiales fueron *Culex quinquefasciatus*, *Cx. coronator*, *Anopheles pseudopunctipennis*, *Aedes aegypti* y *Toxorhynchites rutilus*; cuatro de ellas de importancia médico veterinaria y la última de importancia ecológica

Las larvas de *T. rutilus* han sido utilizadas como un agente de control biológico de larvas de *Ae. aegypti* en diferentes partes del mundo, esta especie presenta un comportamiento de depredación del tipo oportunista; se caracterizan por su alta voracidad pudiendo consumir hasta 250 larvas de otros mosquitos culícidos durante toda su etapa

larvaria; además a diferencia de los zancudos, los adultos no son hematófagos (Steffan y Evenhuis 1981, Hubbard *et al.* 1988 , NAS 1973).

Los mosquitos que colonizaron los contenedores artificiales tuvieron diferencias muy marcadas en relación a las densidades totales (Cuadro 1); así fueron registradas únicamente 2 larvas de *T. rutilus* y 26 de *Cx. coronator*, mientras tanto *An. pseudopunctipennis* tuvo un total de 197 y *Ae. aegypti* 247, siendo *Cx. quinquefasciatus* la de mayor cantidad con 4,356 larvas, estos datos fueron obtenidos considerando todos los estadios larvales para cada especie de mosquito.

Debido a que *Cx. quinquefasciatus* represento la especie con mayor densidad larvaria y estuvo presente de manera constante durante el periodo de esta investigación que todos los mosquitos culcideos que colonizaron los contenedores artificiales, se optó por analizar esta especie. La distribución por tratamiento de la densidad larvaria para este mosquito estuvo representada de la siguiente forma: 112 larvas en el Manejo Integrado (*B. scimitra* + Agnique™ MMF), 536 larvas para el Agnique™ MMF; 928 para *B. scimitra*; y el Testigo 2,780 en un periodo de 10 meses.

2) Evaluación de la acción individual y en conjunto del Agnique™ MMF y *Buenoa scimitra*, sobre larvas de mosquitos en contenedores artificiales.

Las estrategias de control aplicadas mostraron resultados muy favorables en su acción individual, así como su efecto en conjunto, podríamos decir que existe un complemento en el control de larvas de mosquitos en los contenedores artificiales. Aunque debemos considerar algunos comentarios que en su momento expondremos.

En general, se consideran excelentes los resultados debido a que se obtuvieron promedios de densidades larvarias menores a cinco individuos por calada durante los 10 meses de esta investigación; estas densidades son utilizadas como umbral dentro de los programas de control de mosquitos para áreas urbanas y zonas rurales en Minnessota, en el cual hacen aplicaciones de Abate y liberaciones de depredadores cuando se monitorean más de cinco larvas (Quiroz-Martínez, observación personal; Sjogren 1976) (Cuadro 2).

El análisis estadístico para larvas totales indicó que existió diferencia significativa entre los tratamientos ($P < 0.05$), al tomar la densidad larvaria con larvas de primero, segundo, tercero y cuarto estadio (Cuadro 3); la prueba de medias nos mostró que la diferencia radicó únicamente en el testigo con el resto de los tratamietnos, de la misma manera el control biológico fue diferente al manejo integrado ($P > 0.05$) (Cuadro 4 y Gráfica 1).

En el tratamiento correspondiente al control biológico, los nadadores de dorso lograron establecerse y reproducirse; las hembras de estos depredadores ovipositaron en substratos artificiales (cuadros de polipropileno de 5 X 5 cm, con 2.54 cm de altura) colocados para ese fin. Los huevecillos fueron fácilmente detectables ya que *B. scimitra* los colocan insertándolos en la superficie inferior del polipropileno, percibiéndose éstos como pequeñas manchas de color rojo. Asimismo las ninfas eclosionaron ya que fueron observadas en diferentes estadios en los contenedores del tratamiento de control biológico a lo largo del estudio.

El tratamiento de Manejo Integrado presentó la menor densidad larvaria entre todos los tratamientos requiriendo solo dos aplicaciones del Agnique™ MMF correspondientes al inicio del estudio en el mes de Agosto y la otra después del invierno a mediados de

Febrero. En el tratamiento de Agnique™ MMF fue necesario una cuarta aplicación, los criterios para añadir el producto por segunda vez se debió a que sobrepasaba el promedio de cinco larvas por calada considerada como el umbral, mientras que en la tercera y cuarta ocasión en que se aplicó fue a causa de que la tendencia estaba dirigida hacia un incremento de la densidad larval.

El promedio de las densidades para larvas tempranas (primero y segundo estadio) por muestreo en los tratamientos con algún control fueron menores a cinco larvas, a excepción de dos muestreos específicamente en los contenedores correspondientes al control biológico y un muestreo en el tratamiento de la película monomolecular donde sobrepasaron dicho umbral, en cambio en el manejo integrado todas fueron menores a uno (Cuadro 5).

Al efectuar el análisis estadístico para conocer el efecto de los tratamientos sobre las larvas tempranas, también fue obtenida diferencia significativa ($P < 0.05$) (Cuadro 6), pero en esta ocasión la diferencia obtenida por la prueba de medias la marcó solo el testigo contra el resto de los tratamientos; en el caso de larvas tempranas las tres estrategias de control resultaron ser iguales estadísticamente (Cuadro 7, Gráfica 2).

Por otro lado, las densidades para larvas tardías (tercero y cuarto) monitoreadas fueron menores a cinco en todos los tratamientos con alguna forma de control (Cuadro 8), sin embargo hubo un muestreo en el Agnique™ MMF que si paso el umbral. En el caso del tratamiento de control biológico, los adultos de *B. scimitra* presentaron una preferencia por presas de mayor tamaño, por lo cual era de esperarse que las densidades en los estadios tardíos fueran menores que en los tempranos.

Al efectuar el análisis estadístico correspondiente a las larvas en etapa tardía, al igual que los resultados de larvas tempranas se obtuvo diferencia estadística entre los tratamientos ($P < 0.05$) (Cuadro 9), de acuerdo a la prueba de medias de Tukey, ésta fue causada por el testigo contra las tres estrategias de control, sin embargo, no existió diferencia significativa entre el Agnique™ MMF, el control biológico y el manejo integrado (Cuadro 10, Gráfica 3).

Las densidades larvarias totales obtenidas a través del tiempo en que se desarrolló este trabajo fueron divididas por estación del año, ya que se consideró que dentro de las épocas anuales en las cuales esta regido nuestro clima, podrían tener algún efecto en la biología y control de *Cx. quinquefasciatus*.

De esta manera los datos obtenidos durante las estaciones de verano e invierno no mostraron diferencia significativa ($P > 0.05$) (Cuadro 11 y 12, Gráficas 4 y 5); probablemente la razón en el caso de la temporada de verano se debió a las temperaturas extremas a las cuales se enfrentaron las poblaciones en tales épocas, ya que oscilaron alrededor de los 40° C, por otro lado, en el invierno promedió cerca de 10° C, provocando posiblemente condiciones desfavorables para su establecimiento.

En las estaciones de primavera y otoño mostraron resultados que contrastaron con las otras épocas anteriormente mencionadas, es aquí donde se obtuvo diferencia en el diseño experimental ($P < 0.05$) (Cuadro 13, 15 y Gráficas 6 y 7). Para primavera la diferencia la mostró el testigo contra el resto de los tratamientos de igual forma para la temporada de otoño (Cuadro 14 y 16).

La implementación de enemigos naturales dentro de los programas de control de vectores en nuestro país no ha sido aún explotada, sin embargo, localidades como el

Municipio de Ponciano Arriaga, situado en la Huasteca Potosina presentó para 1998 y 1999 muy pocos casos de Dengue, situación que contrasta con otras entidades de la región, en esa área la comunidad mantiene los notonéctidos en los sitios de almacenamiento de agua, con conocimiento de causa, incorporando de esta manera una herramienta más en el control de *Ae. aegypti* (Martínez-Perales, comunicación personal). En países como Colombia, se ha iniciado un programa tendiente a utilizar insectos depredadores acuáticos en el combate del mosquito *Ae. aegypti* (Zulunga, comunicación personal).

Por otro lado el uso del Agnique™ MMF en nuestro país ha sido mínimo, salvo algunas evaluaciones que se realizaron en la costa del Pacífico (Velázquez-Juno comunicación personal), un estudio de efectividad en laboratorio además de una investigación a nivel de campo con ovitrampas (Elizondo-Quiroga, 1999), así los resultados este estudio se incorporan a los anteriores para contribuir con las investigaciones referentes a estas nuevas estrategias de control, que en un futuro podrán formar parte dentro de los programas de control de vectores.

3) Evaluación de la acción individual y en conjunto del Agnique™ MMF y *Buenoa scimitra*, sobre pupas de mosquitos en contenedores artificiales.

La última fase de desarrollo de los mosquitos es la etapa de pupa o de metamorfosis de la cual también se llevo un registro de sus densidades, siendo en todos los tratamientos menores a uno, sin embargo, a pesar de que en el testigo no hubo una gran cantidad de pupas su presencia prevaleció de manera constante a través del tiempo (Cuadro 17).

Al analizar estadísticamente las densidades obtenidas a través de los muestreos encontramos que existió diferencia significativa entre los tratamientos ($P < 0.05$) (Cuadro

18), al igual que los resultados obtenidos tanto en las densidades larvianas totales, tempranas y tardías la diferencia fue provocada únicamente por el testigo contra el resto de los tratamientos, siendo todos los demás tratamientos iguales estadísticamente (Cuadro 19, Gráfica 8).

4. Identificación y listado de la artropodofauna acuática presente en los contenedores artificiales.

A parte de las cinco especies de mosquitos culícidos (*Cx. quinquefasciatus*, *Cx. coronator*, *An. pseudopunctipennis*, *Ae. aegypti* y *T. rutilus*), durante los muestreos fueron colectados otros organismos presentes en los contenedores artificiales, entre ellos copépodos (Copepoda), ostrácodos (Ostracoda), náyades de libélulas *Anax junius* (Odonata: Aeshnidae) y *Pantala hymenae* (Odonata: Libellulidae), nadadores de dorso *Notonecta irrorata* (Hemiptera: Notonectidae), zapateros *Gerris* sp. (Hemiptera: Gerridae), larvas de moscas *Musca* sp. (Diptera: Muscidae) y así como el gusano de sangre *Chironomus plumosus* (Diptera: Chironomidae) (Cuadro 20).

La presencia de estos invertebrados acuáticos varió en cada tratamiento, los copépodos y ostrácodos fueron los únicos presentes en todos los contenedores; como ya es bien conocidos algunas especies de copépodos como *Mesocyclops longisetus* son utilizados en diversas partes del mundo como herramienta aplicada a programas de control de vectores debido a su capacidad de devorar larvas de estadios tempranos de mosquitos; sin embargo, para realizar un control efectivo es necesario liberar grandes densidades que van desde 300 hasta 3,000 individuos según el tipo de depósito.

Las náyades de libélulas de *P. hymenae*, fueron registradas en todos los tratamientos a excepción del Agnique™ MMF; mientras que *A. junius* solo estuvo presente en el testigo. Su presencia esta relacionada con el espejo de agua, ya que las hembras fueron atraídas para ovipositar en los contenedores, de los huevecillos emergieron las náyades, pasando en algunas ocasiones todo su desarrollo ya que detectamos sus exubias adheridas a las paredes de los contenedores.

Estos son de los depredadores más importantes en los sistemas acuáticos temporales debido a que sus estados inmaduros pueden alimentarse de larvas de mosquitos, efemerópteros, etc., en tanto que los adultos suelen depredar mosquitos en el aire. Aspectos como la capacidad depredadora y selectividad de presas han sido evaluados, así mismo se han liberado masivamente para controlar larvas de *Ae. aegypti* con resultados sorprendentes (Sebastian *et al.* 1990).

En el caso de las chinches acuáticas, *N. irrorata* solo estuvo presente en el tratamiento de control biológico junto con *B. scimitra*, esta chinche llega a los contenedores artificiales atraídas también por el espejo de agua y esta reportada como agente de control biológico, la diferencia con la especie liberada en esta investigación esta dada en el comportamiento de canibalismo ya que *N. irrorata* es capaz de regular las poblaciones de su propia especie mediante este evento, en contraste con *B. scimitra* quien al incrementarse sus densidades emigra hacia otros cuerpos de agua (Thorp y Covich 1991).

Otras de las especies registradas en todos los tratamientos excepto en el Agnique™ MMF fue la chinche subacuática conocida comúnmente como zapatero correspondiendo a *Gerris sp.*; éstos hemípteros permanecen en la superficie del agua, la ubicación de sus uñas

permite que no se rompa la tensión superficial logrando desplazarse con facilidad sobre ésta.

Uno de los factores que impidió que *Gerris* sp. se encontrara en el tratamiento con Agnique™ MMF fue este producto, debido a que debilita las fuerzas de cohesión de las moléculas del agua, este acontecimiento no permitió que esta chinche se estableciera. En el caso del Manejo Integrado, donde también fue aplicada la película monomolecular, se monitorio este hemíptero debido a que hubo un reestablecimiento de la tensión ya que el numero de aplicaciones (dos durante un periodo de 10 meses) permitió quizá que ésta fuera degradada por microorganismos.

Las larvas de moscas *Musca* sp. sólo se registraron en el Agnique™ MMF mientras que las larvas de *Ch. plumosus* estuvieron presentes en todos lo tratamientos a excepción del control biológico. En relación a las larvas de quironómidos, éstas poseen algunas características muy particulares como son el permanecer en el fondo de los cuerpos de agua y su respiración cutánea, por lo tanto era de esperarse que la película monomolecular no tuviera un efecto mortal sobre estas, ya que únicamente se acercan a la superficie cuando están próximas a emerger.

Sin embargo, estas larvas se registran que éstas dipteras hayan emergido específicamente. 5) Registro del numero de mosquitos culcideos adultos reposando en las paredes internas del contenedor artificial.

Con la finalidad de conocer la influencia en la repelencia de la película monomolecular sobre los adultos de mosquitos hacia los contenedores artificiales, llevamos un registro semanal del promedio mosquitos posados dentro de las paredes de los sistemas

de prueba, dichas lecturas fueron tomadas entre las 11:00 y 13:00 horas durante el periodo del estudio (Cuadro 21).

El numero total de los mosquitos adultos posados en las paredes del contenedor fue de 341 para el testigo, 194 para el control biológico, 159 en el MIM y 82 para la película monomolecular. El análisis estadístico mostró diferencia significativa entre los tratamientos donde el testigo presentó diferencia en el numero de mosquitos contra el grupo formado por el Agnique™ MMF y Manejo Integrado ($P < 0.05$) (Cuadro 22 y 23); es decir, hubo más adultos en aquellos contenedores que no tuvieron como control específicamente la película monomolecular (Gráfica 9).

A pesar de que el manejo integrado incluyó el Agnique™ MMF como una estrategia complementaria a la acción depredadora de *B. scimitra*, cabe recordar que el numero de aplicaciones fue menor, comparado con el tratamiento que solo incluyo a la película monomolecular como única estrategia de control. Debiéndose entender que el depredador no permitió que se incrementara la densidad larvaria, aplicándose la película únicamente al inicio del trabajo y después en la parte terminal del invierno, ya que las densidades así lo requerían.

Sin embargo, estos datos no reflejan que éstos dípteros hayan emergido específicamente de esos contenedores artificiales, además que esta la posibilidad de que hayan desarrollado en otros cuerpo de agua cercanos y que quizá eligieran esos depósitos para realizar sus oviposiciones.

6) Determinar el efecto de los tratamientos en términos de morfometrías de los adultos obtenidos de larvas sobrevivientes.

De las larvas sobrevivientes emergieron un total de 335 adultos de *Cx. quinquefasciatus*, con 182 machos y 153 hembras; para discutir los resultados se tomo como referencia la cantidad y proporción sexual del testigo, considerada como la expresión natural, donde no se vio involucrado ningún agente de control que provocara cambio alguno.

La mayor cantidad de emergencias se presentaron en el testigo con un total de 184 mosquitos (95 ♂ y 89 ♀), seguida del control biológico con una emergencia de 70 individuos (39 ♂ y 31 ♀), después el manejo integrado con 50 individuos (28 ♂ y 22 ♀) y con la menor emergencia el tratamiento Agnique™ MMF con 31 ejemplares (20 ♂ y 11 ♀); las proporciones sexuales resultaron alrededor de 1:1 (macho:hembra) con excepción de las obtenidas en el Agnique™ MMF que fue de 2:1 (Cuadro 24).

De acuerdo a las medidas corporales registradas no existió una tendencia a una talla mayor o menor entre machos y hembras, registramos para los machos al manejo integrado con las mayores longitudes en tórax-abdomen y patas con 4.21 y 8.16 mm respectivamente, mientras el Control Biológico un promedio de 3.06 mm de longitud en alas (Cuadro 25). Estadísticamente no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos en las medidas de tórax-abdomen, alas y patas ($P > 0.05$) (Cuadro 26, 27, 28).

En cuanto a las hembras el testigo presentó 3.29 mm en alas y 8.89 para las patas, mientras que en el Manejo integrado fue 4.14 para el tórax-abdomen (Cuadro 29); las medidas corporales de las hembras entre las mediciones de la longitud del tórax-abdomen no fueron significativas, al igual que longitud de alas y patas ($P < 0.05$) (Cuadro 30, 31 y 32).

9. CONCLUSIONES

1.- Un total de cinco especies de mosquitos culícidos fueron colectadas e identificadas en los contenedores artificiales, *Culex quinquefasciatus*, *Cx. coronator*, *Anopheles pseudopunctipennis*, *Aedes aegypti* y *Toxorhynchites rutilus*; siendo *Cx. quinquefasciatus* la especie dominante.

2.- El efecto del Agnique™ MMF y *Buenoa scimitra*, con su efecto individual y en conjunto sobre larvas de mosquitos en contenedores artificiales, manifestó buenos resultados con diferencia significativa entre ellos ($P < 0.05$), provocando la diferencia el testigo; con la acción en conjunto como la mejor opción por las bajas densidades larvianas tempranas y tardías que se presentaron a través del tiempo de estudio. Al analizar estadísticamente los muestreos para cada una de las épocas del año, encontramos diferencia significativa solo en las estaciones de primavera y otoño ($P < 0.05$), mientras que en verano e invierno no existió tal diferencia ($P > 0.05$).

La segunda variable de análisis estadístico en nuestro estudio fueron los tiempos de muestreo, los cuales no tuvieron diferencia significativa en los que respecta a la densidad total, larvas tardías y para cada una de las estaciones del año ($P > 0.05$), solamente se encontró diferencia en los muestreos con larvas tempranas y adultos posando en el interior de los contenedores ($P < 0.05$).

3.- El efecto del Agnique™ MMF y *Buenoa scimitra*, tanto en su acción individual como en conjunto sobre pupas de mosquitos en contenedores artificiales fueron diferentes estadísticamente ($P < 0.05$), con todos los tratamientos diferentes al testigo y el manejo integrado (acción conjunta), con la menor densidad durante el tiempo en que se desarrollo el estudio.

4.- Un total de seis géneros, que incluyen cuatro especies de insectos acuáticos fueron identificados; con una amplia variedad de copépodos y ostrácodos. Los insectos corresponden a dos libélulas, de las especies *Anax junius* y *Pantala hymenae*; los hemípteros acuáticos y subacuáticos *Gerris* sp. y *Notonecta irrorata*; más los dípteros *Chironomus plumosus* y *Musca* sp.

5.- Con la densidad de adultos de mosquitos reposando en la superficie interior de los contenedores artificiales existió diferencia significativa entre los tratamientos ($P < 0.05$), con el testigo con la mayor densidad, seguido del control biológico, manejo integrado y Agnique™ MMF respectivamente.

6.- No existieron diferencias significativas provocada por los tratamientos ($P > 0.05$), en emergencia de adultos de larvas sobrevivientes, longitud de patas, alas y tórax-abdomen.