

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



IMPACTO DEL CLAVICORNIO DEL AGUA Tropisternus sp.  
(COLEOPTERA:HYDROPHILIDAE) SOBRE LARVAS DE Culex pipiens Say  
(DIPTERA:CULICIDAE).

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRIA EN CIENCIAS  
CON ESPECIALIDAD EN ENTOMOLOGIA MEDICA

PRESENTA

HUMBERTO QUIROZ MARTINEZ

MONTERREY, NUEVO LEON

SEPTIEMBRE DE 1989

320  
3  
89

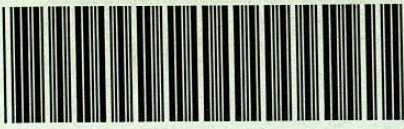
TM

Z 5 320

F C B

1 9 89

Q 5



1020066510

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



IMPACTO DEL CLAVICORNIO DEL AGUA Tropisternus sp.  
(COLEOPTERA:HYDROPHILIDAE) SOBRE LARVAS DE Culex pipiens Say  
(DIPTERA:CULICIDAE).

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRIA EN CIENCIAS  
CON ESPECIALIDAD EN ENTOMOLOGIA MEDICA

PRESENTA

HUMBERTO QUIROZ MARTINEZ

MONTERREY, NUEVO LEON

SEPTIEMBRE DE 1989



161912

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

IMPACTO DEL CLAVICORNIO DEL AGUA Tropisternus sp.  
(COLEOPTERA:HYDROPHILIDAE) SOBRE LARVAS DE Culex pipiens Say  
(DIPTERA:CULICIDAE).

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRIA EN CIENCIAS  
CON ESPECIALIDAD EN ENTOMOLOGIA MEDICA

PRESENTA

HUMBERTO QUIROZ MARTINEZ

COMISION DE TESIS



DR. MOHAMMAD H. BADI

PRESIDENTE



M, EN C. ROBERTO MERCADO

SECRETARIO



M, EN C. FILIBERTO REYES VILLANUEVA

VOCAL

Este trabajo fué desarrollado en el proyecto de investigación " Impacto de los Depredadores Acuáticos sobre larvas de Culex pipiens (Diptera: Cullicidae) "; Convenio DGICSA No.: 088-01-0175.

## " DOS PALABRAS "

Nos permitimos escribir algunos párrafos del libro titulado "Tesis Profesionales" de Angeles Mendieta Alatorre, que pueden ser de utilidad para todas aquellas personas que en un futuro realizaran éste tipo de trabajo.

..... La tesis es un trabajo académico de alta calidad científica, técnica o humanística que da derecho a (o para) presentar el examen que exige una institución de prestigio a QUIENES desean ejercer una profesión o un grado. El informe de la investigación documental, de campo o laboratorio, así como la postura ideológica sobre un tema o bien un estudio especializado son el medio o materiales con los que se elabora una tesis y debera presentarse cuando sea oportuno o lo fijen los reglamentos de la casa de estudio.

..... Para combatir la indecisión (de hacer una tesis), hay que aceptar la renuncia a la actitud recalcitrante, comprender por ejemplo que todo esfuerzo tiene un valor en sí; es decir, que el mas modesto e imperfecto de los trabajos realizados, tiene mayor validez que el brillante trabajo que piensa realizarse y que quizá nunca sale de la mente de su autor.

..... Ya afirmamos que la decisión debe ser inteligente. Ello implica, entre otras cosas, que entendamos bien lo que significa un consejero o asesor de tesis. Si esperamos que nos proporcione toda la bibliografía, el plan de trabajo, las sugerencias pertinentes, las indicaciones más mínimas y hasta que corrija las dos o tres cuartillas que hemos elaborado, olvidamos que el consejero deberá nada más aportar sugerencias correctas a nuestras proposiciones.

El pasante es quien debe elaborar dos o tres planes de trabajo, una bibliografía básica y una clasificación del tema.

Es difícil que un consejero cambie el plan completo o difiera totalmente de criterio; generalmente le agrada encontrarse con éste tipo de personas y no con aquellos estudiantes que estan "prendidos" a ellos durante meses y meses.



Otra actitud errónea es pedir sugerencias para el tema. Jamás lograremos realizar un mediano trabajo si no sentimos inclinación especial por el y si no estamos seguros de demostrar nuestras ideas propias.

## DEDICATORIA

En memoria del Sr. José Juan Quiroz López (1931-1975), quien trato de darnos lo que nunca tuvo, EDUCACION PROFESIONAL, además de quien aprendi--mos que no debemos darnos por vencidos, todos tenemos la misma capacidad solo debemos desarrollarla.

A la Sra. Martha Martínez Cardoso (Mi Mama), quien despues de muchos sacrificios paulatinamente obtiene las satisfacciones por las cuales se ha es forzado; con todo cariño y amor para ella.

A mis hermanos:

Leonilo

Juan Arturo

Omar

Martha Nohemi

Laura Nancy

Moises

Maria de Jesus Yadira

A mi Abuelita Maria de Jesus Cardoso.

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. M. H. Badii, por todas aquellas criticas constructivas proporcionadas durante la asesoria de éste trabajo, además por la confianza depositada para desarrollar la investigación que uno eligió.

Al M. C. Roberto Mercado, por el apoyo brindado, la asesoria, revisión y criticas hacia éste trabajo.

Al M. C. Filiberto Reyes Villanueva, por la revision y criticas efectuadas a éste trabajo, además por el apoyo brindado durante su elaboraci6n.

Un reconocimiento muy especial para todos los compañeros de la Maestria en Ciencias con especialidad de Entomologia Médica: Q. B. P. Maria Luisa Rodriguez Tovar, Q. B. P. Raul Torres Zapata, Biol. Alfredo del Toro Gzz., Biol. Carlos Solis Rojas, Biol. Nancy Treviño de Solis, Biol. Adriana E. Flores, Biol. Juan Arredondo, quienes en un futuro no muy lejano alcanzaran esta categoria en su post-grado; además al Biol. Gabino A. Rodriguez de la especialidad de Ecologia Acuática y Pesca.

Las muestras de apoyo de los miembros actuales del Laboratorio de Entomologia y Artrópodos fueron de gran valia para la culminaci6n, un agradecimiento especial para los futuros Biologos Hector A. Celestino, Magdala Gonzalez, Silvia Mayela Perez, Maria de la Luz Delgado, Isabel Abdo, Felipe de J. Ramos, Armando Hernandez, Jesus Gpe. Padilla, Maria de Lourdes Segoviano, Hector J. de la Rosa, Diana Becerra.

Enseguida a las mejores aspirantes de la Carrera de Químico Bacteriologo Parasitologo: Sandra I. Garza, Judith Lewis, Rosa Ma. Lopez, Yolanda Velazquez, Rosalba Villalobos.

Ademas es necesario reconocer el apoyo brindado de diferentes formas por las siguientes personas: Sra. Irma Gonzalez, Biol. Gerardo Luna, Biol. Ulises A. Avila, Biol. Martin A. Melendez, Biol. Aldo A. Vazquez, Biol. Ricardo Moreno, Biol. Jose Juan Orteg6n, Biol. Hector Hernandez, Biol. Ruth Ma. Lopez, Biol. Felipe Ibarra, Biol. Esteban Figueroa, Biol. Maria Obdulia Benavides, M. C. Patricia Contreras, Biol. Hector Ruiz, Biol. Imelda Alfaro, Biol. Aureliano Perez, Biol. Mercedes Gonzalez, Biol. Erwin Castillo, Biol. Rabindranath Polanco, Sr. Pedro Anguiano, Sra. Teresa Muñiz.

Biol. Eduardo Contreras, Biol. Mario A. Gomez, I. A. Cuauthemoc Nuñez.

Al dibujante Sr. Pedro Rocha de la Facultad de Ciencias Biologicas, U.  
A. N. L.

A los miembros de la Generación 76-80 de Biologos, cuyos nombres no recuerdo de momento, pidiendo una disculpa por el olvido.

A la Generación "Mangle".

## CONTENIDO

	Pag.
Lista de Cuadros, Gráficas y Tablas.....	1
Resumen.....	iii
I.- Introducción.....	1
II.- Antecedentes.....	3
1.- Generalidades de la Depredación.....	3
2.- Características de la Familia Hydrophilidae.....	4
3.- Importancia Númerica de la Familia Hydrophilidae.....	4
4.- Características del Genero <u>Tropisternus</u> sp.....	4
5.- Ciclo de Vida y Habitos de <u>Tropisternus</u> sp.....	4
6.- Control Biológico de Larvas de Mosquitos.....	5
6.1.- Estudios Cualitativos.....	5
6.2.- Estudios Cuantitativos.....	7
7.- Selectividad de Presas.....	9
8.- Tablas de Mortalidad y Supervivencia.....	9
9.- Estrategia de Ataque.....	10
III.- Materiales y Metodos.....	11
1.- Colecta del Material.....	11
2.- Capacidad Depredadora de <u>Tropisternus</u> sp.....	11
3.- Selectividad de Presas de <u>Tropisternus</u> sp.....	11
4.- Esperanza de Vida.....	12
5.- Estrategia de Ataque.....	12
IV.- Resultados y Discusión.....	13
1.- Capacidad Depredadora de <u>Tropisternus</u> sp.....	13
2.- Selectividad de Presas de <u>Tropisternus</u> sp.....	14
3.- Esperanza de Vida de <u>Tropisternus</u> sp.....	16
4.- Estrategia de Ataque de <u>Tropisternus</u> sp.....	16
5.- ¿ <u>Tropisternus</u> sp como un Buen Enemigo Natural?.....	17
V.- Conclusiones.....	18
VI.- Literatura Citada.....	20

## LISTA DE CUADROS, GRAFICAS Y FIGURAS

- Cuadro No. 1.- Promedio de larvas de Culex pipiens (Diptera:Culicidae), consumidas por Tropisternus sp. (Coleoptera:Hydrophilidae)
- Cuadro No. 2.- Número de larvas consumidas por Tropisternus sp. (Coleoptera:Hydrophilidae), en un sistema con dos alternativas.
- Gráfica No. 1.- Representación gráfica de los resultados de la capacidad depredadora de Tropisternus sp. (Coleoptera:Hydrophilidae), analizados mediante la regresión lineal.
- Gráfica No. 2.- Representación gráfica de los resultados de la capacidad depredadora de Tropisternus sp. (Coleoptera:Hydrophilidae), analizados mediante la ecuación tipo II de la respuesta funcional de Holling.
- Gráfica No. 3.- Representación gráfica de los resultados de la capacidad depredadora de Tropisternus sp. (Coleoptera:Hydrophilidae), analizados mediante la ecuación de respuesta funcional de Rogers.
- Gráfica No. 4.- Representación gráfica de los resultados de la selectividad de presas de Tropisternus sp. (Coleoptera:Hydrophilidae), analizados mediante la regresión lineal.
- Gráfica No. 5.- Representación gráfica de los resultados de la selectividad de presas de Tropisternus sp. (Coleoptera:Hydrophilidae), analizados mediante la ecuación tipo II de la respuesta funcional de Holling.
- Gráfica No. 6.- Representación gráfica de los resultados de la selectividad de presas de Tropisternus sp. (Coleoptera:Hydrophilidae), analizados mediante la respuesta funcional de Rogers.
- Gráfica No. 7.- Curva de mortalidad y sobrevivencia tipo III de Tropisternus sp. con la máxima esperanza de vida de 17.5 en la edad pivote de 20 días.
- Gráfica No. 8.- Curva de mortalidad y sobrevivencia tipo III de Tropisternus sp., con la máxima esperanza de vida de 33.5 en la edad pivote de 15 días.

Tabla No. 1.- Tabla de mortalidad y sobrevivencia de Tropisternus sp.  
con la maxima esperanza de vida de 17,5 en la edad pivote  
de 20 dias.

Tabla No, 2.- Tabla de mortalidad y sobrevivencia de Tropisternus sp.  
con la maxima esperanza de vida de 33.5 en la edad pivote  
de 15 dias.

## RESUMEN

Estudios cuantitativos del papel de los insectos acuáticos depredadores son de gran utilidad, para elegir un candidato en un programa de control biológico y/o manejo integrado de larvas de mosquitos de importancia médico-veterinaria.

Evaluar la capacidad depredadora, selectividad de presas, esperanza de vida y estrategia de ataque del clavicornio del agua Tropisternus sp. (Coleoptera:Hydrophilidae), fueron los objetivos de éste trabajo, siendo Culex pipiens Say (Diptera:Culicidae), la especie blanco de combate.

Depredadores y presas fueron colectados con una red entomológica y un cucharón en el Río Pesquería de Escobedo, Nuevo Leon; transportandose posteriormente al laboratorio.

La capacidad depredadora fué evaluada con larvas del tercer estadio de Tropisternus sp., colocadas en un recipiente de vidrio con 750 ml de agua desclorada y un pequeño trozo de una planta acuática, exponiendose a ocho densidades de larvas del cuarto estadio de Cx. pipiens, registrandose el número de presas consumidas al cabo de 24 horas, con cinco repeticiones por cada densidad.

Los resultados fueron analizados mediante la regresion lineal, coeficiente de correlación de Pearson, coeficiente de determinación, además de la prueba de significancia para el coeficiente b y la correlación; determinandose su aplicabilidad a la población con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Tambien fueron evaluadas la capacidad de búsqueda y tiempo de manipuleo con la ecuación de la respuesta funcional tipo II de Holling (1959) y Rogers (1972), además de la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

En un "universo" parecido, se le agrego en la misma proporción larvas del gusano de sangre Chironomus sp. (Diptera:Chironomidae), con la diferencia que fueron seis densidades, donde se evaluó la selectividad de presas, registrandose el número de larvas consumidas despues de 24 horas y analizados con los mismos metodos estadisticos, adicionandosele la formula de la selectividad de presas recomendada por Jacob (1974).

Se determinó la esperanza de vida mediante una tabla de mortalidad y sobrevivencia de Tropisternus sp., en una pecera conteniendo 50 litros de a-



gua desclorada; finalmente por observaciones de una hora, se definió la estrategia de ataque y el porcentaje de ataque efectivo, realizándose 10 repeticiones.

La depredación de Tropisternus sp. se incrementó con una intensidad de  $b = 0.318831$ , siendo significativa ( $F = 163.01160$ ,  $P < 0.01$ ), aplicable a la población ( $KD_{\max} = 1$ ,  $KD < 0.05$ ); la correlación fué  $r = 0.98209$  y un coeficiente de determinación  $r^2 = 0.96450$ , el primero significativo ( $t = 12.768$ ,  $P < 0.01$ ).

La capacidad de búsqueda  $a' = 0.012451$  mediante Holling y con Rogers  $a' = 0.015341$ ; además el tiempo de manipuleo  $T_h = 0.139185$  y  $T_h = 0.162961$  respectivamente. Los datos observados concordaron con los estimados (con Holling  $KD_{\max} = 1$ ,  $KD < 0.05$  y con Rogers  $KD_{\max} = 1$ ,  $KD < 0.05$ ).

Tropisternus sp. mostro preferencia por el gusano de sangre Chironomus sp. concumiendo en menor cantidad a Cx. pipiens, con el coeficiente  $b$  de la regresión lineal se obtuvo  $b = 0.579069$  y  $b = 0.112209$  respectivamente, significativo para el primer tipo de presa ( $F = 47.03719$ ,  $P < 0.01$ ), para el segundo no ( $F = 7.87963$ ,  $P < 0.10$ ); aunque la ecuación respectiva, aplicable a la población (para el primer tipo de presa  $KD_{\max} = 0$ ,  $KD < 0.05$  y para el segundo  $KD_{\max} = 0$ ,  $KD < 0.05$ ).

La correlación resultó mayor para Chironomus sp con  $r = 0.96001$ , mientras con Cx. pipiens se obtuvo  $r = 0.81443$ . Logico es pensar que el coeficiente de determinación tiene esa misma secuencia  $r^2 = 0.921619$  para el primer tipo de presa y el segundo  $r^2 = 0.663296$ . Las pruebas de significancia para los coeficientes de correlación con ambos tipos de presas, resultaron significativos, con las larvas del gusano de sangre ( $t = 6.858$ ,  $P < 0.01$ ); mientras para las larvas del mosquito ( $t = 2.807$ ,  $P < 0.05$ ).

La capacidad de búsqueda fué mayor (mas exitosa) para Chironomus sp. que Cx. pipiens ( $a' = 0.021481$  y  $a' = 0.001964$ ), además de un tiempo de manipuleo menor ( $T_h = 14.340300$  y  $T_h = 62.624745$ ). Los datos observados concordaron con los estimados, o sea, aplicables a la población ( $KD_{\max} = 3$  y  $KD_{\max} = 1$ ,  $KD < 0.05$ , para el primero y segundo tipo de presa respectivamente), todo lo anterior, por el modelo de Holling.

Con Rogers, la preferencia de Tropisternus sp. favoreció a Chironomus sp. también, en lugar de Cx. pipiens, con una capacidad de búsqueda

mayor ( $a' = 0.734042$  y  $a' = 0.050264$ ); con el tiempo de manipuleo menor ( $T_h = 2.174685$  y  $T_h = 66.136580$ ); los datos observados concordaron con los estimados en ambos tipos de presas ( $KD_{max} = 5$  y  $KD_{max} = 1$ ,  $KD < 0.05$  respectivamente).

Con la formula recomendada por Jacob, tambien se encontró preferencia de Tropisternus sp. hacia Chironomus sp., obteniendose  $D = 0.242858$ , mientras para Cx. pipiens  $D = - 0.735716$ .

La esperanza de vida obtenida fué de 17.5 y 33.5 dias, correspondiendo para las edades pivotes de 20 y 15 dias, ademas las graficas correspondieron al tipo III, segun Slobadkin (1962). Tropisternus sp. es un cazador activo, principalmente lo hace en la superficie del agua, se obtuvo 12.5 % de ataque efectivo, tomando 25 a 45 minutos en consumir a Cx. pipiens.

Finalmente el clavicornio del agua Tropisternus sp. por si solo, no es capaz de regular las poblaciones de larvas de Cx. pipiens.

## INTRODUCCION

Tradicionalmente en un trabajo de control biológico de plagas de insectos, se hace énfasis de las desventajas que produce el uso de plaguicidas (insecticidas principalmente), haciendo importante el papel de cualquiera de los agentes biológicos como son parásitos, parásitoides, depredadores y patógenos. Pero cuando se descubre la existencia de verdaderos casos de plagas se requiere determinar las estrategias de control adecuadas. Los me todos de biocontrol no son adecuados para todas las plagas, quizás pueden ser apropiados solo como una parte de un sistema mas amplio que incluya a otros medios (NAS, 1982).

Algunas veces el control químico será el indicado, en otras ocasiones el biológico, en fin, cualquiera de las formas actuales de combatir insectos nocivos al hombre; la selección dependerá del tipo de plaga, con esto queremos expresar que ese organismo perjudicial tiene características en su ciclo de vida y comportamiento, las cuales deberán ser estudiadas lo mas completamente posible para elaborar el plan de ataque.

El control biológico ha evolucionado a través del tiempo en base a las experiencias obtenidas por investigadores, en muchos lugares del mundo, in cluyendo nuestro país (Carrillo, 1985); aunque la mayoría de las investiga ciones han sido efectuadas en los agroecosistemas, hoy en día, paulatina-- mente aumenta el interés por los depredadores acuáticos. Sin embargo, el mayor avance conseguido en la ultima década, en el control biológico, es la constatación de los caracteres ecológicos de un enemigo natural (Van E-- dem, 1977).

Muchos insectos acuáticos han sido observados alimentandose de juveni-- les de mosquitos, en ocasiones grandes poblaciones de entomófagos, por lo cual inicialmente se identificaron los grupos con potencial regulatorio -- (García, 1983; García y Des Rochers, 1984 y Carrada et al, 1984).

Una planeación adecuada de la inspección de los atributos ecológicos de los insectos acuáticos depredadores es de vital importancia, para que nos muestre el real papel de esos entomófagos, a pesar del inconveniente efec-- to que manifiestan al manipuleo (García, 1983).

Ante todo, la información que se genere acerca de la depredación por in

sectos acuáticos será de gran originalidad y relevancia; sin duda alguna reforzará los programas de manejo integrado de mosquitos, debido a que para considerar efectivo el control biológico podría pasar mucho tiempo.

Por lo tanto y ante la escasa información cuantitativa del papel de los insectos acuáticos depredadores, se planteo lo siguiente:

Objetivos:

- 1.- Evaluar la capacidad depredadora de Tropisternus sp. sobre larvas de Culex pipiens.
- 2.- Evaluar el efecto de dietas alternas (selectividad de presas) de Tropisternus sp.
- 3.- Evaluar la esperanza de vida de Tropisternus sp.
- 4.- Definir la estrategia de ataque de Tropisternus sp.

Hipotesis:

Tropisternus sp puede regular las poblaciones de Culex pipiens, de tal manera que es factible incluirlo en programas de control biológico de larvas de Culícidos.

## II.- ANTECEDENTES

### 1.- Generalidades de la Depredación.

La depredación puede definirse como la conducta consistente en capturar a mas de un organismo y alimentarse de ellos, siendo estos últimos consumidos totalmente o en parte, segun Emmel (1975).

Una relación de depredador y presa de origen reciente suele producir graves efectos negativos sobre la población de la presa; en otros terminos, grandes números de la especie de presa son muertos por el depredador. En la relación de depredador y presa que ha existido durante mucho tiempo, la coevolución (esencialmente ajustes evolutivos simultaneos en cada una de las especies), reduce a un grado minimo los efectos negativos sobre la presa, mencionado por Pimentel (1968); en otros terminos, si los ajustes en la interacción recíproca no se efectuaran por selección natural en el transcurso del tiempo, probablemente una o las dos poblaciones se extinguirían.

NAS (1982), menciona, aunque la rapiña es una función biológica comun y muy importante, en realidad es poco lo que se conoce de su mecánica o su función en los procesos de la población. Las teorías tradicionales sobre la rapiña tiene pocas bases en hechos biológicos demostrables. Un gran número de complejas variables condicionan cada interacción depredador-presa; es probable que no haya dos situaciones condicionadas por identica serie de factores.

Mientras que Harcourt (1968), cita: en estudios simulados de la respuesta funcional involucrada en la depredación, Holling construyó un modelo en el cual el número de presas consumidas es una función de la densidad de las presas, proporción de descubrimiento, nivel de hambre del depredador, así como el tiempo que gasta en consumir a la presa. Tales modelos cuando sean computarizados, pueden ser usados para calcular las propiedades de un depredador ideal, parásito o patógeno.

Una definición de la respuesta funcional fué proporcionada por Solomon (1949), la cual dice que es el cambio en número de presas tomadas por un depredador individual por unidad de tiempo como una función en la densidad de presas.

Segun Bay (1974) en Witzig et al (1986), las relaciones depredador-presa

de muchos insectos acuáticos depredadores no es bien conocida.

## 2.- Características de la Familia Hydrophilidae.

Pennak (1953), describe a esta familia por su antena corta y clubeada, colocadas debajo de la cabeza; presentan palpos maxilares largos que son a menudo confundidos con las antenas; la mayoría son negruzcos, pero algunos son amarillos o pardos; el rango de longitud es de uno a 40 mm.

Los Hidrofílidos son ovals, algo convexos que pueden ser reconocidos por una antena clubeada corta y largos palpos maxilares. La mayoría de las especies son acuáticas y muy similares en apariencia a los Ditícidos. Las especies acuáticas son generalmente negras y varían de unos pocos milímetros a 40 en longitud. El metaesternum en muchas especies es prolongado posteriormente como una espina afilada, según Borror et al (1976).

Spangler (1982), menciona que las larvas de los Hidrofílidos varían en longitud, desde 1.5 a 60.0 mm, cuando recién mudadas son blancas, pero se vuelven amarillas o grisáceas con la capsula cefalica amarilla-parda.

## 3.- Importancia Numérica de la Familia Hydrophilidae.

White et al (1984), menciona que la familia Hydrophilidae incluye a más de 230 especies, siguiendo a la familia Dytiscidae, considerando solo a los coleopteros acuáticos.

## 4.- Características del Genero Tropisternus.

White et al (1984), menciona que la larva del género Tropisternus presenta el esclerito meso y metanotal reducido y triangular; ápice de la lígula no bifido; branquias abdominales cortas en el noveno segmento; mentum con los lados cortos; cabeza subcuadrangular y mandíbulas simétricas.

## 5.- Ciclo de Vida y Hábitos de Tropisternus sp.

Pennak (1953), reporta que la oviposición ocurre en primavera y principios de verano, puede haber desde dos hasta 130 huevecillos en un solo cópula, dependiendo de la especie. Las larvas eclosionan de cinco a siete días, existiendo tres estadios. En la terminación del periodo larval, la celda pupal es construida en la orilla del cuerpo de agua, sobre detritus

o bajo siete cm del suelo. El estado pupal usualmente termina en menos de tres semanas.

White et al (1984), consigna que los huevecillos son depositados bajo el agua, en sacos de seda que pueden contener mas de 100 unidades. Las larvas pasan por tres estadios rapidamente de uno a varios meses.

Las larvas de los Hidrofílidos se desarrollan de cuatro a siete dias según la temperatura ambiental. Después que eclosiona la larva, pasan por tres mudas, cada una de las cuales dura de siete a 10 dias. Al final del último estadio larval, ellas dejan el agua y construyen una celda pupal en el suelo húmedo. Normalmente la pupa emerge de cuatro a siete dias, mencionado por Spangler (1982).

Pennak (1953), reporta que aunque muchas especies son acuáticas, en esta familia algunas especies pueden ser terrestres, apareciendo en suelo húmedo y excremento. Las acuáticas tienen el habito de hacer contacto con la película superficial del agua con un lado corporal y con la parte anterior del final del abdomen y mover sus patas alternativamente cuando nadan.

White et al (1984), cita que la mayoría de las larvas son depredadoras y los adultos omnivoros, consumiendo material vivo y muerto. Las larvas son pobres nadadoras y tienden a reposar en espera de la presa, los generos Hydrophilus, Hidrobius y Tropisternus presentan esa característica.

#### 6.- Control Biológico de Larvas de Mosquitos.

Este punto fué dividido en dos partes, la primera que incluye trabajos donde solo se habla de su potencial o capacidad depredadora cualitativa de los entomófagos acuáticos; mientras que la segunda de aquellos que aportan números o bien incrementos.

##### 6.1.- Estudios Cualitativos.

Contreras (1987), menciona en su estudio taxonómico de insectos acuáticos de Nuevo Leon, México; tres especies de la Familia Hydrophilidae, perteneciendo al genero Tropisternus, ellas fueron T. ellipticus (Le Conte), T. lateralis (Fabricius) y T. mexicanus La Porte, aclarando que larvas y adultos de éste género pululan en rios con alta cantidad de materia orgánica y cierto grado de turbidez.

García (1983), hace referencia de Beesley (1974), García et al (1974) y El Rayah (1975), quienes en resumen dicen que de muchas especies de insectos que han sido observados alimentándose de mosquitos, solo unos pocos parecen ser manipulables para su uso en biocontrol. Insectos depredadores como Libélulas y Notonéctidos son liberados en un estanque y otras pequeñas áreas, donde se desarrollan mosquitos, suprimiéndolos efectivamente. Además dice que los organismos mas usados en la practica son los peces, principalmente la especie Gambusia affinis (Baird y Girard). De los invertebrados enlista a hidras de agua dulce, planarias, patógenos como Bacillus thuringiensis y varios hongos, así como parásitos. En lo que se refiere a los insectos anota que los problemas en la colonización y manipulación de estos artrópodos ha limitado su uso en programas de manejo, considerando a Toxorhynchites como uno de los mas prometedores.

García y Des Rochers (1984), citan que grandes poblaciones de insectos depredadores fueron colectados en trampas Minnow y Dippin Regime. Coleópteros, Odonátos y Notonéctidos fueron los mas comunes; además escriben que es necesario planear estudios que confirmen y cuantifiquen mas detalladamente el papel de los insectos acuáticos depredadores. Entre las especies mas comunes de escarabajos acuáticos que encontraron fueron Tropisternus lateralis (Fabricius) y T. obscurus, este último de menor importancia numérica.

Carrada et al (1984), presentan un listado de artrópodos y otros animales que comunmente pueden encontrarse conviviendo en los recipientes donde viven los mosquitos y sus enemigos naturales, mencionando entre éstos a la Familia Hydrophilidae, llamados coloquialmente escarabajos acuáticos. Comentan que el conocimiento de los enemigos naturales de Aedes aegypti (L.) podrían ser de utilidad para el control biológico de la especie.

En otro artículo del mismo año, Suarez et al (1984), encontraron que el copepodo Mesocyclops aspericornis (Daday), era depredador de larvas de mosquitos, entre ellos Aedes aegypti. Este encuentro representó el primer hallazgo de este copepodo en recipientes artificiales en la region neotropical y el primer hallazgo como depredador de larvas de A. aegypti.

Wilson (1918), Wright (1946), Prichard (1964) y Beesley (1972 y 1974) en Witzig et al (1986); reportaron que las náyades de libélulas consumen



un gran número de larvas de mosquitos y microcrustáceos.

Banks y Thompson (1987), monitorearon dos poblaciones de Coenagrion puella (L.), con diferentes densidades iniciales, entre Julio y Noviembre de 1983; en la población con alta densidad la mortalidad larval fué constante, mientras en la población de baja densidad no fué detectable la mortalidad larval, indicando que la mortalidad larval puede ser dependiente de la densidad, entendiéndose como larva a la fase juvenil conocida como ninfa o náyade.

Los mosquitos juveniles constituyen las presas preferidas por Notonecta pero éstas raramente hacen honor a la fama que tienen de evitar la maduración de los mosquitos, que habrán de convertirse en transmisores potenciales de enfermedades en humanos, según Milne y Milne (1978).

Aiken y Wilkinson (1985), realizaron estudios sobre la bionomía de Dytiscus alaskanus J. Balfour-Browne, donde los adultos fueron alimentados con pescado fresco, mientras que a las larvas se les proporcionó larvas y pupas de mosquitos, ninfas de moscas de mayo, libélulas, Corixidos, Noto-néctidos, renacuajos y pequeños peces Notropis sp.

#### 6.2.- Estudios Cuantitativos.

Witzig et al (1986), midieron la depredación de Anax junius Drury sobre cangrejos de río juveniles de Procambarus clarkii Girard en laboratorio; la proporción de depredación fué estimada a tres temperaturas con dos tamaños de cangrejo. La depredación se incremento con la temperatura y disminuyó con el tamaño de la presa.

Robinson y Wellborn (1987), citan que con seis especies de Anisópteros adicionados a estanque artificiales en igual tamaño y número y con la mitad de los estanques expuestos además a A. junius, encontraron que la depredación en aquellos libres de Anax fué dependiendo del tamaño de la presa, siendo la mas pequeña Perithemis tenera la de mayor mortandad.

Miura y Takahashi (1988), evaluaron la depredación del último estadio ninfal (náyade) de Enallagma civile (Hagen), sobre larvas de Culex tarsalis Coquillet, encontraron que el entomófago consumió 6,06 larvas de mosquito, cuando determinaron el efecto de la densidad de la presa, la depredación aumentó en forma directa al incremento del número de larvas de Cx. tarsalis, exhibiendo graficamente una respuesta funcional típica de

de invertebrados; además con la densidad del depredador, reportan que ninfas (náyades) solitarias consumieron más larvas que las agrupadas, con el incremento de la densidad del depredador disminuyó el número de presas consumidas, mostrando "interferencia mutua" por los entomófagos (efecto citado por Hassell y Varley, 1969).

Ellis y Borden (1970), cuantificaron la depredación de Notonecta undulata (Say) y seis tipos de presas, mencionando que las larvas consumidas por hora se incrementó con la densidad de las presas.

Trabajando con adultos de N. undulata y proporcionando como alimento a tres larvas de Culex tarsalis del tercer estadio o dos del cuarto, después de seis horas de exposición encontraron que este número de larvas es muy bajo para la capacidad alimenticia del depredador, el cual aprovecha el total del contenido alimenticio del mosquito, el que proporciona alrededor del 90 % de su peso total como contenido máximo alimenticio, reportado por Toth y Chew (1972).

Gittelman (1974), cuantificó la capacidad depredadora de Buenaes antigone (Kirkaldy) y Martarega hondurensis Bare, por espacio de 24 horas, el primero se alimentó de las cinco larvas de mosquito a que fue expuesto, mientras que para el segundo obtuvo un promedio de 2.6 en los primeros estadios y 1.4 con los últimos.

Gittelman (1978), analizó la relación entre el tamaño de los depredadores de varias especies de Notonecta y Neoplea striola (Fieber), el tamaño de sus presas que fueron Corixidos y Daphnia magna respectivamente. El registro para Notonecta un incremento en el índice de ataque y tiempo de manipuleo con el tamaño de la presa y disminuyó con el tamaño del depredador; mientras que en Neoplea el ataque fue igual para todos los tamaños de la presa y el tiempo de manipuleo se incrementó con las presas grandes.

Fox y Murdoch (1978), investigaron la respuesta funcional de Notonecta hoffmanni Hungerford con larvas de Culex quinquefasciatus (Say), del cuarto estadio y obtuvieron el tipo II. El índice de alimentación se incrementó con el tamaño del depredador ( $Y = 1.06 + 0.66 X$ ,  $t = 4.4$ ,  $r^2 = 0.34$ ), mientras que el tamaño de la ninfa no afectó en número de presas consumidas, el número de larvas atacadas aumentó rápidamente con las densidades bajas y lentamente con las altas.

Manejando la densidad de los Notonéctidos Notonecta hoffmanii y N. kirbi, se determinó el efecto de la depredación sobre larvas de mosquitos. Después de tres meses se encontraron menos larvas grandes de mosquitos, al igual que las pupas en un sitio con depredadores, mientras que en donde no había, el número de juveniles (larvas y pupas) fué mayor, mencionado por Chesson (1984).

Shi (1986), realizó un trabajo donde ayunaba a Notonecta undulata por 16 horas, después de las cuales agregaba 100 larvas de mosquito de Culex pipiens o Aedes aegypti en presencia o ausencia de refugios. Registró las larvas depredadas en una hora para Culex sin refugio  $3.07 \pm 0.46$ , mientras que con refugio  $1.47 \pm 0.32$ . Con Aedes sin refugio  $3.60 \pm 0.36$ , con refugio  $2.63 \pm 0.42$ . Notó una menor depredación sobre Culex, mencionando que ésto fué debido a que presentaron mejores respuestas antidepredadoras que Aedes.

Thompson (1987), reportó el efecto de la densidad de la maleza sobre la depredación de nayádes de Zigópteros por Notonecta, en un experimento de laboratorio. En ausencia de malezas, Notonecta exhibió una respuesta funcional tipo II, pero ésta cambio a tipo III cuando la densidad de la maleza se incrementó.

Ideker (1979), comparó datos de la depredación de escarabajos acuáticos y observo que tanto los adultos, como larvas de Cybister fimbriolatus (Say), devoran renacuajos de Rana berlandieri Cope en una proporción de 0.52 y 0.203 respectivamente; mientras que las larvas de Hydrophilus triangularis (Say), comieron renacuajos de la especie anterior y de Scaphiops couchi Baird en cautiverio.

Lacey y Dame (1982), registraron un promedio de consumo de presas de  $10.88 \pm 0.42$ , en un periodo de 24 horas con 20 larvas de A. aegypti proporcionadas al cuarto estadio de Toxorhynchites rutilus rutilus (Coquillet).

#### 7.- Selectividad de Presas.

Elser et al (1987), trabajaron con la selectividad de presas y usaron la formula recomendada por Jacob (1974) para la selectividad.

#### 8.- Tablas de Mortalidad y Sobrevivencia.

Segun Harcourt (1968), las tablas de vida fueron originalmente usadas por estudiantes de poblaciones humanas, en estudios demográficos, sobre todo en el campo de las Compañías Aseguradoras para determinar la probabilidad de muerte. Fuera de los humanos el primer organismo fué Drosophila melanogaster Meigen, Pearl y Parker (1921) y despues Tribolium confusum Duvall, Pearl et al (1941), los cuales se pueden criar en un ambiente uniforme tal como un frasco de vidrio, ambos trabajos citados por Harcourt (1968).

Los cuadros de estadísticas de esperanza de vida son un resumen de los índices de mortalidad de una población por edades, Krebs (1985); cita además a Raymond Pearl como el primero en utilizar los cuadros de esperanza de vida en 1921. Deevey (1947), identificó tres tipos generales de curvas de sobrevivencia: tipo I corresponde a las poblaciones con pocas muertes a lo largo de la mayor parte del promedio de vida y despues muertes numerosas de organismos de edad avanzada; tipo II (diagonal) entraña un índice constante de mortalidad, independiente de la edad y finalmente el tipo III el cual indica muertes numerosas en los comienzos del ciclo de vida, seguidas de un período de muertes menos abundantes y relativamente constantes.

#### 9.- Estrategia de Ataque.

En la relación depredador-presa se han desarrollado cambios conductuales importantes a lo largo de la coevolución. Primeramente la presa lucha por la supervivencia fomentando para éllo estrategias antidepredación que van desde la liberación de compuestos químicos como medida de protección, hasta movimientos de gran velocidad. Por otro lado, los depredadores buscan la manera mas óptima para atacar a la presa, de tal manera que ellos pueden ser agrupados en tres categorías: 1) Cazadores, aquellos que se desplazan activamente hasta localizar su presa; 2) Emboscadores, éstos yacen en espera de la presa; la acción la llevan a cabo cautelosamente y después agarran o saltan sobre la presa y 3) Tramperos, son aquéllos insectos que fabrican una trampa y con ayuda de ellas atrapan a sus presas, mencionando por Evans (1984).

### III.- MATERIALES Y METODOS

#### 1.- Colecta de Material

El material fué colectado en el Rio Pesquería de Escobedo, Nuevo León; redes entomologicas y cucharones fueron usados para colectar los depredadores, larvas del clavicornio del agua Tropisternus sp., así como las presas larvas de Culex pipiens (Say), además de larvas del gusano de sangre Chironomus sp.; posteriormente se transportaron al laboratorio, donde se mantuvieron en peceras de 50 litros de capacidad, conteniendo agua desclorada.

#### 2.- Capacidad Depredadora de Tropisternus sp.

Larvas del tercer estadio de Tropisternus sp. (sin ayuno), fueron colocadas en un recipiente de vidrio conteniendo 750 ml de agua desclorada y un pequeño trozo de Lythrum sp., una planta acuática comun en su habitat (debido a que el depredador necesita posarse en un sustrato para sacar la cabeza y deborar a la presa), exponiendose de forma individual a las densidades de 1, 2, 3, 5, 7, 10, 20 y 30 larvas del cuarto estadio de Cx. pipiens, con cinco repeticiones para cada densidad. Se registró el número de presas consumidas al cabo de 24.

Los resultados fueron analizados mediante la regresión lineal, coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ), coeficiente de determinación ( $r^2$ ), además de la prueba de significancia para el coeficiente  $b$  y la correlación (Zar, 1974). Tambien se analizó la concordancia entre los valores observados y estimados, determinandose si los primeros pueden ser aplicados a la población, esto mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Siegel, 1986). Así mismo se determinaron la capacidad de búsqueda ( $a'$ ) y el tiempo de manipuleo ( $T_h$ ), mediante las formulas de respuesta funcional de Holling tipo II (1959) y Rogers (1972); finalmente los datos observados y estimados fueron analizados mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, para determinar la concordancia (Siegel, 1986).

#### 3.- Selectividad de Presas de Tropisternus sp.

Se construyó un sistema con 750 ml de agua desclorada, un trozo de la -

planta acuática (que sirvió a la vez de refugio), larvas del tercer estadio de Tropisternus sp., larvas del cuarto estadio de Cx. pipiens. larvas de Chironomus sp. de aproximadamente un centímetro de longitud, éstos últimos Dípteros como presas en proporciones 1:1, con densidades 1, 2, 3, 5, 7 y 10; con cinco repeticiones para cada densidad y registrando el número de presas consumidas al cabo de 24 horas.

Los modelos de análisis estadístico fueron los mismos que el punto anterior (capacidad depredadora), sin embargo, se le agregó la fórmula de selectividad de presas recomendada por Jacob (1974) en Elser et al (1987).

#### 4.- Esperanza de Vida.

Larvas de Tropisternus sp. del tercer estadio, fueron colocadas en una pecera conteniendo 50 litros de agua desclorada, alimentándose continuamente con larvas de mosquitos y registrándose el número de individuos vivos del entomófago a medida que avanzaba el tiempo. Los datos fueron analizados mediante una tabla de mortalidad y sobrevivencia, determinándose de esa manera la esperanza de vida.

#### 5.- Estrategia de Ataque.

Al igual que las pruebas anteriores, en un recipiente conteniendo 750 ml de agua desclorada y un trozo de la planta acuática, se colocaron cinco larvas del cuarto estadio de Cx. pipiens; durante una hora de observación continua se registró el comportamiento de Tropisternus sp., midiéndose el porcentaje de ataque efectivo, así como el tiempo que tarda en consumir a la presa, efectuándose 10 repeticiones.

#### IV.- RESULTADOS Y DISCUSION

##### 1.- Capacidad Depredadora de Tropisternus sp.

Como era de esperarse, la depredación ejercida por las larvas del tercer estadio de Tropisternus sp. sobre larvas de Culex pipiens del cuarto estadio, se incrementó con el aumento de la densidad de las presas. Los valores promedio obtenidos se muestran en el cuadro 1.

A pesar de tener como única alternativa alimenticia la larva del mosquito, el aporte de información cuantitativa de la depredación no puede menospreciarse.

Analizando los datos mediante la regresión lineal se obtuvo la ecuación  $Y = - 0.133608 + 0.318831 X$  (Gráfica 1); donde Y corresponde el número de presas consumidas y X la densidad de presas (larvas de mosquito); el valor del coeficiente a (- 0.133608) no tiene gran importancia, dado que es el resultado obtenido del ajuste de los datos observados, además no podemos hablar de depredación con densidad de cero, independientemente del signo; el componente de mayor relevancia es el coeficiente b (0.318831), que corresponde al cambio en el consumo de presas en función del cambio unitario de las densidades de ellas, dicho valor representa un incremento de esa proporción a medida que se eleva el número de larvas de mosquitos. El coeficiente b resultó significativo ( $F = 163.01160$ ,  $P < 0.01$ ).

Para determinar la concordancia entre los datos observados y estimados, de tal manera que sean representativos o aplicables a la población, se analizaron mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, obteniéndose que si pueden ser aplicados ( $KD_{\max} = 1$ ,  $KD < 0.05$ ).

La relación entre variables, número de presas consumidas (dependiente) y densidad de presas (independiente), es directamente proporcional, representada por un coeficiente de correlación  $r = 0.98209$  y un coeficiente de determinación  $r^2 = 0.96450$ ; resultando significativa la correlación ( $t = 12.768$ ,  $P < 0.01$ ).

Con las ecuaciones de respuesta funcional de Holling y Rogers, fueron determinadas dos características importantes del depredador Tropisternus sp., tales atributos fueron la capacidad de búsqueda y el tiempo de manipuleo; la primera una proporción de cobertura en el universo donde se reali-

zó la prueba (área o volumen); la segunda la proporción en tiempo que el entomófago tarda en identificar, localizar, atrapar, consumir una presa, así como la pausa digestiva.

Trabajando con mortalidad, con la ecuación de Holling se obtuvo una capacidad de búsqueda  $a' = 0.12451$  y un tiempo de manipuleo  $T_h = 0.139185$  (Gráfica 2); entre los datos observados y estimados, se obtuvo concordancia ( $KD_{max} = 1$ ,  $KD < 0.05$ ).

Contrariamente a la ecuación de Holling, Rogers lo hace con el Log N de la sobrevivencia (s) dividida por la densidad original (No); con éste último método de análisis, se obtuvo una capacidad de búsqueda  $a' = 0.015341$  y un tiempo de manipuleo  $T_h = 0.162961$  (Gráfica 3); existiendo concordancia entre los datos observados y estimados ( $KD_{max} = 1$ ,  $KD < 0.05$ ).

Existen muchos factores que afectan los resultados, provocando que difícilmente coincidan con otros trabajos, por ejemplo con Moreno (1988), quien vio el efecto de la edad y ayuno de Tropisternus sp. sobre Cx. pipiens. En forma general para la depredación, la relación depredador-presa, es un proceso dinámico en constante lucha por alcanzar la optimización, además del estado fisiológico del depredador y la presa, historia alimenticia del depredador, estrategias antidepredación de la presa, entre otras pueden provocar esas diferencias, Krebs (1973), Chesson (1984) y Shi (1986).

## 2.- Selectividad de Presas de Tropisternus sp.

La preferencia o selectividad de presas del clavicornio del agua Tropisternus sp. bajo las condiciones de esta parte del trabajo, mostró -- más atractividad sobre larvas de Chironomus sp que Cx. pipiens. Los datos obtenidos se muestran en el cuadro 2.

En la comparación del coeficiente b de la regresión lineal, para Chironomus sp.  $b = 0.579069$  y Cx. pipiens  $b = 0.112209$  (Gráfica 4); donde se puede apreciar que la intensidad de cambio fué mayor para la larva del gusano de sangre que para la larva del mosquito, es decir Tropisternus sp. se alimentó más del primer tipo de presa.

El coeficiente b resultó significativo para Chironomus sp ( $F = 47.03719$   $P < 0.01$ ); mientras para Cx. pipiens no lo fué ( $F = 7.87963$ ,  $P < 0.10$ ). El coeficiente a fué mayor para Chironomus sp. ( $a = 0.197674$ ), comparado con



el obtenido en Cx. pipiens ( $a = 0.093023$ ). Aunque los datos observados concordaron con los estimados, para ambos tipos de presas (Chironomus sp.  $KD_{max} = 0$ ,  $KD < 0.05$ ; Cx. pipiens  $KD_{max} = 0$ ,  $KD < 0.05$ ).

La correlación resultó también mayor para Chironomus sp. ( $r = 0.96001$ ), menor para Cx. pipiens ( $r = 0.81443$ ). Lógico es pensar que el coeficiente de determinación tiene esa misma secuencia ( $r^2 = 0.921619$  para el primer tipo de presa y el segundo  $r^2 = 0.663296$ ).

Las pruebas de significancia para los coeficientes de correlación con ambos tipos de presas, resultaron significativos, con las larvas del gusano de sangre ( $t = 6.858$ ,  $P < 0.01$ ); así como para la larva del zancudo ( $t = 2.807$ ,  $P < 0.01$ ).

Con la ecuación de Holling, se obtuvo una capacidad de búsqueda de  $a' = 0.021481$  para Chironomus sp., mientras en Cx. pipiens fué  $a' = 0.001964$ . En términos biológicos, Tropisternus sp. tiene mejor oportunidad de encontrar al gusano de sangre que a la larva del mosquito,

Reforzando lo anterior, con el tiempo de manipuleo obtenido, para Chironomus sp.  $T_h = 14.340300$  y Cx. pipiens  $T_h = 62.624745$ ; ésto quiere decir que el depredador gasta menos tiempo en encontrar, atrapar y consumir a la larva del gusano de sangre comparandola con la larva del mosquito (Gráfica 5).

Los datos observados y estimados concordaron en ambos tipos de presas, es decir que los observados pueden ser aplicables a las poblaciones (para Chironomus sp.  $KD_{max} = 3$ ,  $KD < 0.05$ ; Cx. pipiens  $KD_{max} = 1$ ,  $KD < 0.05$ ).

La ecuación de Rogers, al interpretarse, concuerdan con la preferencia o selectividad marcada por Holling, en la capacidad de búsqueda y tiempo de manipuleo, logicamente no con las mismas cifras. La capacidad de búsqueda fué  $a' = 0.734042$  y  $a' = 0.059264$ , con un tiempo de manipuleo de  $T_h = 2.714685$  y  $T_h = 66.136580$ , para Chironomus sp. y Cx. pipiens respectivamente (Gráfica 6).

Analizando la concordancia entre los datos observados y estimados para ambos tipos de presas (Chironomus sp.  $KD_{max} = 5$ ,  $KD < 0.05$ ; mientras en Cx. pipiens  $KD_{max} = 1$ ,  $KD < 0.05$ ), resultaron aplicables.

Finalmente la preferencia o selectividad a Chironomus sp. esta marcada con un valor  $D = 0.242858$ , mientras que para Cx. pipiens  $D = - 0.735716$ ,

según la fórmula recomendada por Jacob (los valores varían de - 1 a + 1, la interpretación se hace como una correlación, es decir, una relación directa o inversa dependiendo del signo); tiene una preferencia positiva hacia las larvas del gusano de sangre y negativa a las larvas del mosquito.

Las estrategias o respuestas antidepredación fueron las responsables de la preferencia del clavicornio del agua Tropisternus sp. por el juvenil del gusano de sangre Chironomus sp. manifestandose más ventajosa para el mosquito Cx. pipiens. ¿Cuál es la estrategia antidepredación efectiva?, la respuesta es el movimiento, dado que las larvas del mosquito son más rápidas, comparativamente con las larvas del gusano de sangre; Krebs (1973), Chesson (1984) y Shi (1986). En un momento dado la larva del Quironómido puede manifestar una respuesta, ésta sería la elaboración de una madriguera, pero si la hace sobre el sustrato donde se posa el entomófago, ésta difícilmente será efectiva.

### 3.- Esperanza de Vida de Tropisternus sp.

Al graficar la mortandad en función del tiempo, la curva correspondió al tipo III de Slobadkin (1962), que indican que las poblaciones tardan en adaptarse al cambio de medio, por lo cual la mortandad es muy fuerte al principio y luego se estabiliza con los insectos más tolerantes al manipuleo (Gráficas 7 y 8). La esperanza de vida fue como máximo 17.5 para la edad pivote de 20 días y 33.5 para la edad pivote de 15 días, los cuales se puede apreciar en las Tablas 1 y 2, respectivamente.

### 4.- Estrategia de Ataque de Tropisternus sp.

La larva de Tropisternus sp. es un depredador del tipo cazador activo, es decir, efectúa movimientos en busca de su presa, contrariamente a lo reportado por White et al (1984), quienes mencionan que éste escarabajo espera a la presa; el entomófago es poco efectivo al tomar su alimento, en este caso específico, larvas del cuarto estadio de Cx. pipiens; ¿Porque?, razones son varias: primero carece de ojos compuestos, detectando a sus presas por contacto físico, dando la posibilidad de canibalismo entre los entomófagos. Además cuando éste Hidrofílido toma una presa, necesita posarse en un objeto que sobresalga del agua para poder ingerirla, como lo reporta

White et al (1984), saca la cabeza para devorar a su victima, no puede hacerlo dentro del liquido. Finalmente es posible que los constantes contactos de las presas con Tropisternus sp. desvien su atención su atención, provocando interferencia.

El clavicornio del agua Tropisternus sp. cazó principalmente en la superficie del agua y presentó un 12.5 % de ataque efectivo, tomando de 25 a 45 minutos en consumir a una presa.

#### 5.- ¿Tropisternus sp. como un Buen Enemigo Natural?

Este escarabajo debe ser considerado como un enemigo natural lento, poco efectivo, sin llegar a llamarle malo o torpe. Por los resultados obtenidos en los primeros dos objetivos de este trabajo, donde la capacidad de búsqueda es baja comparada con otros depredadores (por ejemplo, los nadadores de dorso Buenoa sp. y Notonecta sp.; observaciones personales); además del valor negativo hacia Culex pipiens en la preferencia o selectividad de presas.

A pesar de lo antes escrito y ante la escasa información cuantitativa, los depredadores comunes en criaderos naturales de mosquitos son aprovechados como un componente de un manejo integrado de larvas de mosquitos, reportado por Bassi (1987); además nunca deberan ser descartados para tal efecto; una alternativa hasta el momento, es aplicar Bacillus thuringiensis var. israelensis para combatir y a la vez disminuir el vigor de la larva del zancudo, haciendola mas facil presa del depredador; experimentalmente hemos visto que no existe efecto letal del patógeno sobre los Notonéctidos y Tropisternus sp. (observaciones personales).

## V.- CONCLUSIONES

1.- La depredación ejercida por Tropisternus sp. sobre larvas de Culex pipiens, se incrementó en función del aumento de la densidad de presas, con un valor del coeficiente  $b$  de la regresión lineal de  $b = 0.318831$ , significativo ( $F = 163.01160$ ,  $P < 0.01$ ). Los datos observados concordaron con los estimados ( $KD_{max} = 1$ ,  $KD < 0.05$ ). El coeficiente de correlación fué  $r = 0.98209$  y un coeficiente de determinación  $r^2 = 0.96450$ , el primero resultando significativo ( $t = 12.768$ ,  $P < 0.01$ ).

2.- La capacidad de búsqueda, uno de los atributos de un enemigo natural, numericamente fué  $a' = 0.012451$  según Holling, mientras con el modelo de Rogers se obtuvo  $a' = 0.015341$ . Además fué evaluado el tiempo de manipuleo, con Holling  $T_h = 0.139185$  y con Rogers  $T_h = 0.162961$ .

Los datos observados concordaron con los estimados, tanto para Holling, así como Rogers (con la primera  $KD_{max} = 1$ ,  $KD < 0.05$ ; mientras la segunda  $KD_{max} = 1$ ,  $KD < 0.05$ ).

3.- La selectividad de presas favoreció a Chironomus sp. que Cx. pipiens, representada por un valor de  $b = 0.579069$  y  $b = 0.112209$  respectivamente; resultando significativo para el primero ( $F = 47.03719$ ,  $P < 0.01$ ) y no significativo para el segundo ( $F = 7.87963$ ,  $P < 0.10$ ); aunque las ecuaciones respectivas si pueden ser aplicables a las poblaciones (para Chironomus sp.  $KD_{max} = 0$ ,  $KD < 0.05$  y Cx. pipiens  $KD_{max} = 0$ ,  $KD < 0.05$ ).

El coeficiente de correlación fué mayor en Chironomus sp. que Cx. pipiens ( $r = 0.96001$  y  $r = 0.81443$ , respectivamente); significativos para ambos tipos de presas ( $t = 6.858$ ,  $P < 0.01$  y  $t = 2.807$ ,  $P < 0.01$ ). Los coeficientes de determinación igualmente superior en el gusano de sangre que la larva del mosquito ( $r^2 = 0.921619$  y  $r^2 = 0.663296$ ).

4.- Mediante Holling la capacidad de búsqueda de Tropisternus sp. fué más exitosa para Chironomus sp. que Cx. pipiens ( $a' = 0.021481$  y  $a' = 0.001964$ , respectivamente); además el tiempo de manipuleo fué menor con la larva del gusano de sangre comparada con la del mosquito ( $T_h = 14.340300$  y  $T_h = 62.624745$ ). Los datos observados concordaron con los estimados de tal manera que son aplicados a las poblaciones (para Chironomus sp.  $KD_{max} = 3$  y Cx. pipiens  $KD_{max} = 1$ ,  $KD < 0.05$ ).

Con Rogers la preferencia de Tropisternus sp. favoreció a Chironomus sp. que Cx. pipiens, en la capacidad de búsqueda ( $a' = 0.734042$  y  $a' = 0.050264$ ); así como el tiempo de manipuleo ( $T_h = 2.714685$  y  $T_h = 66.136580$ ). Los datos observados concordaron con los estimados, de tal manera que pueden ser aplicados a las poblaciones ( $KD_{max} = 5$  y  $KD_{max} = 1$ ,  $KD < 0.05$ , respectivamente para ambos tipos de presas).

5.- Con la formula recomendada por Jacob, marcó preferencia por el gusano de sangre Chironomus sp. que la larva del mosquito Cx. pipiens . ( $D = 0.242858$  y  $D = - 0.735716$ , respectivamente).

6.- Tropisternus sp. presentó curvas de mortalidad y sobrevivencia del tipo III, según Slobadkin (1962), alcanzando una esperanza de vida de 17.5 para la edad pivote de 20 días y 33.5 para la edad pivote de 15 días.

7.- En lo que respecta a la estrategia de ataque, Tropisternus sp. fué un cazador activo, efectuandolo principalmente en la superficie del agua, presentó 12.5 % de ataque efectivo, consumiendo a Cx. pipiens en un lapso de 25 a 25 minutos.

## VI.- LITERATURA CITADA

- Aiken, R. B. and W. Wilkinson  
1985.- Bionomics of Dytiscus alaskanus J. Balfour-Browne (Coleoptera:Dytiscidae) in a Central Alberta Lake.  
Canadian Journal of Zoology 63(6):1316-1323.
- Banks, M. J. and D. J. Thompson  
1987.- Regulation of Damselfly Population: The Effects of Larval Density on Larval Survival Development Rate and Size in the Field.  
Freshwater Biology 17:357-365.
- Bassi, D. G.  
1987.- Riceland Mosquito Management Program-Review of Coordinated Research.  
J. Entomol. Sci. Suppl. 1:16-23.
- Borror, D. J.; D. M. De Long and C. A. Triplehorn.  
1976.- An Introduction to the Study of Insects.  
Fourth Edition, Holt-Rinehart-Wiston 852 pp.
- Carrada, T. B.; L. V. Vazquez e I. G. López  
1984.- La Ecología del Dengue y el Aedes aegypti. Investigación Preliminar. Tercera Parte.  
Salud Pública de México 26(3):297-311.
- Carrillo S., J. L.  
1985.- Evolución del Control Biológico de Insectos en México.  
Folia Entomologica Mexicana 65:139-146.
- Contreras R., A.  
1987.- Contribución al Conocimiento de los Insectos Acuáticos de Potrero Redondo: Una Localidad de la Sierra Madre Oriental en el Municipio de Santiago , Nuevo Leon, México.  
Tesis Inedita, Facultad de Ciencias Biologicas, U. A. N. L.  
112 pp.
- Chesson, J.  
1984.- Effects of Notonectids (Hemiptera:Notonectidae) on Mosquitoes (Diptera:Culicidae): Predation or Selective Oviposi---

- tion.
- Environ. Entomol, 13(2):531-538,
- Ellis, R. A. and J. H. Borden
- 1970.- Predation by Notonecta undulata (Heteroptera:Notonectidae) on larvae of Yellow Fever Mosquito.  
Annals of the Entomological Society of America 63(4):963---972.
- Elser, M. M.; C. N. Van Ende, P. Sorzano and S. R. Carpenter
- 1987.- Chaoborus Populations: Response to Food Web Manipulation and Potential Effects on Zooplankton Communities.  
Canadian Journal of Zoology 65:2846-2852.
- Emmel, T. C.
- 1984.- Ecología y Biología de las Poblaciones.  
E. Interamericana 8a. Reimpresion 182 pp.
- Evans, H. E.
- 1984.- Insect Biology. A Textbook of Entomology.  
Addison-Wesley Publishing 436 pp.
- Fox, L. R. and W. W. Murdoch
- 1978.- Effects of Feeding History on Short-Term and Long-Term Functional Response in Notonecta hoffmanni.  
Journal of Animal Ecology 47:945-949.
- García, R.
- 1983.- Mosquito Management: Ecological Approaches.  
Environmental Management 7(1):73-78.
- García, R. and B. Des Rochers
- 1984.- Studies of the Development of an Integrated Mosquito Control Strategy for the Fall River Mills Area.  
Special Funds for the Mosquito Research in California pp 57-62.
- Gittelman, S. H.
- 1974.- Martarega hondurensis and Buenoa antigone as Predator of Mosquito Larvae in Costa Rica (Hemiptera:Notonectidae).  
Pan-Pac Entomol. 50:84-85.

Gittelman, S. H.

- 1978.- Optimun Diet and Body Size in Backswimmers (Heteroptera:Notonectidae, Pleidae).  
Annals of the Entomological Society of America 71(5):737-747.

Harcourt, D. G.

- 1968.- The Development and Use of Life Tables in the Study of Natural Insects Populations.  
An. Rev. Eco. Ento. 14:175-196.

Hassell, M. P. and G. C. Varley

- 1969.- A New Inductive Populations Model for Insect Parasitics and its Bearing on Biological Control.  
Nature 223(5211):1133-1136.

Holling, C. S.

- 1959.- Some Characteristics of Simple Types of Predation and Parasitism.  
Can. Ent. 91:385-398.

Ideker, J.

- 1979.- Adult Cybister fimbriolatus are Predaceous (Coleoptera:Dytiscidae).  
The Coleopterist Bulletin 33(1):41-44.

Krebs, J. D.

- 1973.- Behavioral Aspects of Predation. En P. P. Bateson and P. H. Klopffer (eds.), Perspectives in Ethology. Plenum Press 336 pp.

Krebs, C. J.

- 1985.- Ecologia Estudio de la Distribución y la Abundancia.  
Segunda Edición. HARLA 753 pp.

Lacey, L. A. and D. A. Dame.

- 1982.- The Effect of Bacillus thuringiensis var israelensis on Toxorhynchites rutilus rutilus (Diptera:Culicidae) in the Presence and Absence of Prey,  
J. Med. Entomol. 19(5):593-596.



Milne, L. J. and M. Milne

1978.- Los Insectos de la Superficie del Agua.  
Investigación y Ciencia 21:32-39.

Miura, T. and R. M. Takahashi

1988.- A Laboratory Study of Predation by Damselfly Nymphs,  
Enallagma civile, upon Mosquito Larvae, Culex tarsalis.  
Journal of the American Mosquito Control Association 4(2):  
129-131.

Moreno, R.

1988.- Capacidad Depredadora de Tropisternus sp. (Coleoptera:Hydro  
philidae) sobre Larvas de Culex pipiens quinquefasciatus --  
Say (Diptera:Culicidae), y Efecto de la CL<sub>50</sub> de Bacillus  
thuringiensis B. Cepa GM-10 en la Depredación.  
Tesis Inedita, Facultad de Ciencias Biologicas, U. A. N. L.  
62 pp.

National Academy of Sciences

1982.- Manejo y Control de Plagas de Insectos. Control de Plagas  
de Plantas y Animales Vol. 3.  
LIMUSA 522 pp.

Pennak, R. W.

1953.- Fresh Water Invertebrates of the United States.  
John Wiley & Sons. 803 pp.

Pimentel, D.

1968.- Population Regulation and Genetic Feedback.  
Science 159:1429-1437.

Robinson, J. V. and G. A. Wellborn

1987.- Mutual Predation in Assembled Communities of Odonata Spe---  
cies.  
Ecology 68(4):921-927.

Rogers, D.

1972.- Random Search and Insect Populations Models.  
J. Anim. Ecol. 41(2):369-383.

Shi, A.

1986.- Antipredator Responses and the perception of Danger by Mos-

quito Larvae.  
Ecology 67(2):434-441.

Siegel, S.

1986.- Estadística no Paramétrica, Aplicada a las Ciencias de la  
Conducta.  
Trillas 344 pp.

Slobodkin, L. B.

1962.- Growth and Regulation of Animal Population.  
Holt-Rinehart & Winston, New York 184 pp.

Solomon, M. E.

1949.- The Natural Control of Animal Populations.  
J. anim. Ecol. 18:1-35.

Spangler, P. J.

1982.- Coleoptera. Pp. 328-397. In: S. H. Hurlbert & A. Villalobos  
Figueros (eds.). Aquatic Biota of Mexico, Central America  
and the West Indies. San Diego, California. 529 pp.

Suarez, M. F.; D. Ayala, M. J. Nelson y J. W. Reid

1984.- Hallazgo de Mesocyclops aspericornis (Daday) (Copepoda: Cy-  
clopidae), Depredador de Larvas de Aedes aegypti en Anapoima-  
Colombia (1).  
Biomedica 4(2):74-76.

Thompson, D. J.

1987.- Regulation of Damselfly Populations: The Effects of Weed  
Density on Larval Mortality Due to Predation.  
Freshwater Biology 17:367-371.

Toth, R. S. and R. W. Chew

1972.- Development and Energetics of Notonecta undulata During Pre-  
dation on Culex tarsalis.  
Annals of the Entomological Society of America 65(4):963-  
972.

Van Emden, H. F.

1977.- Control de Plagas y su Ecología. Cuadernos de Biología.  
Ed. Omega 65 pp.

White, D. S.; W. V. Briham and J. T. Doyen

1984.- Aquatic Coleoptera. In Merritt and Cummins (eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America.

Kendall/Hont Publishing Company 722 pp.

Witzing, J. F.; J. V. Huner and J. W. Avault Jr.

1986.- Predation by Dragonfly Naiads Anax junius on Young Crawfish Procambarus clarkii.

Journal of the World Aquaculture Society 17(4):58-63.

Zar, J. H.

1974.- Bioestadistical Analysis. Prentice-Hall Inc. 620 pp.

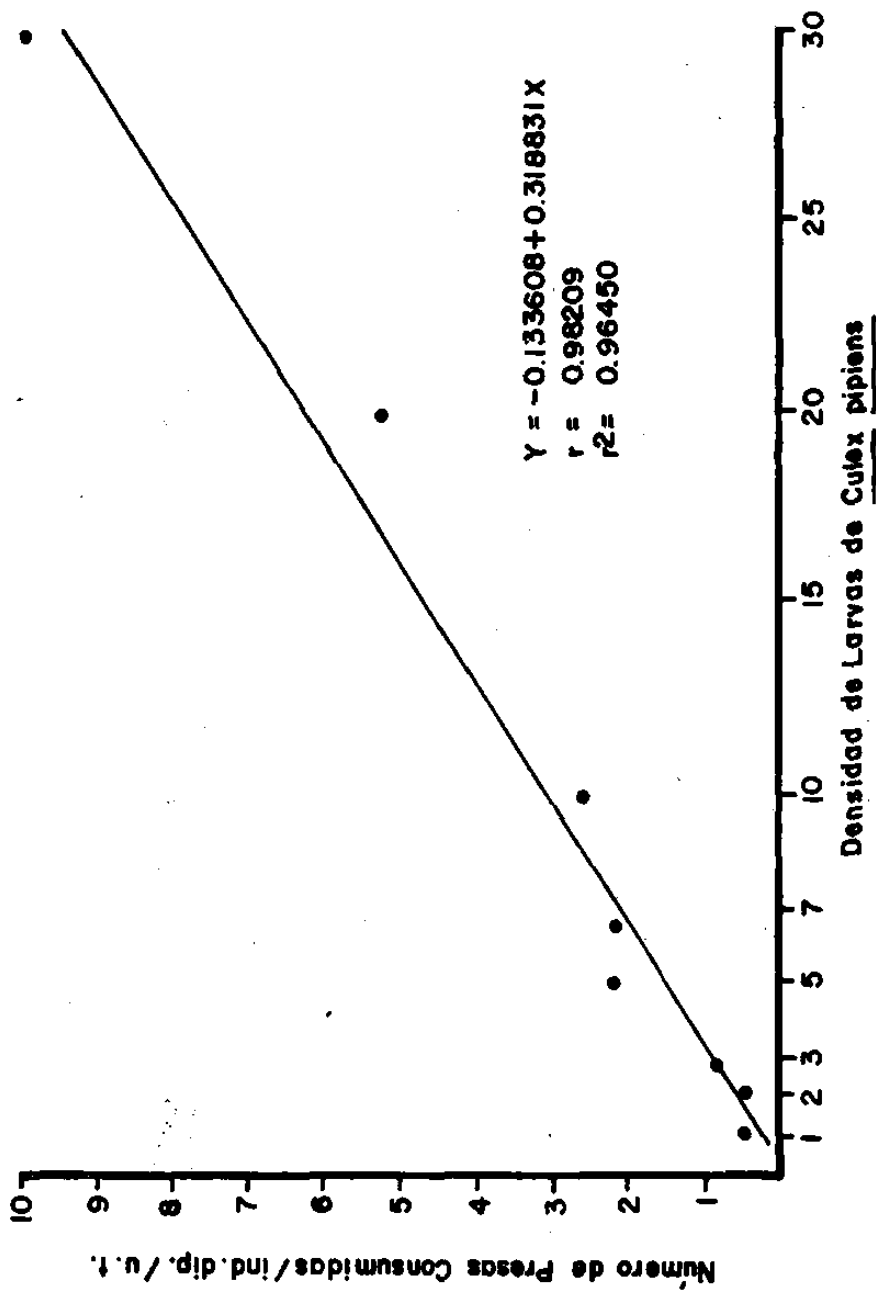
CUADROS, GRÁFICAS Y TABLAS

Cuadro No. 1.- Promedio de Larvas de Culex pipiens (Diptera: - Culicidae), Consumidas por Tropisternus sp. (Coleoptera: - Hydrophilidae).

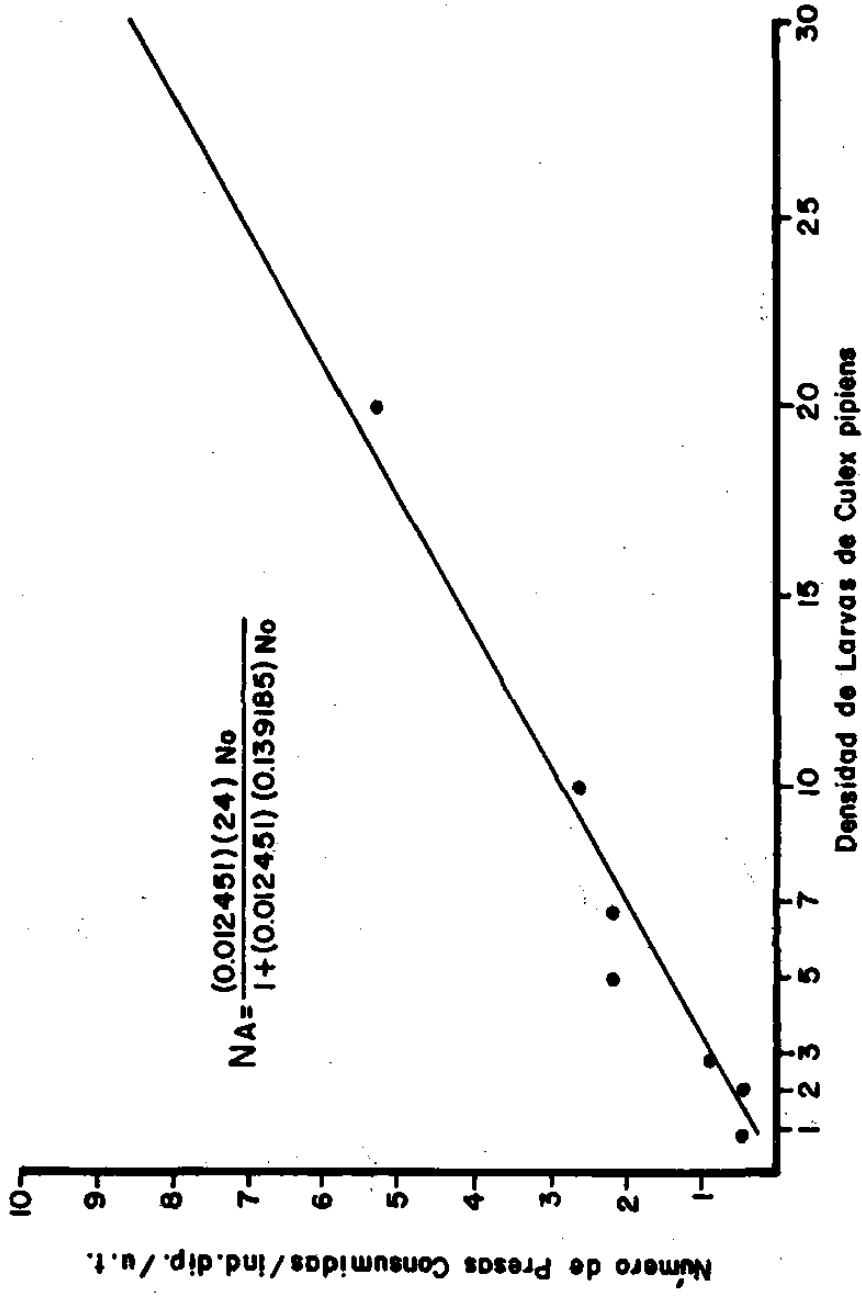
DENSIDAD	NUMERO DE LARVAS CONSUMIDAS
1	0.4
2	0.4
3	0.8
5	2.2
7	2.2
10	2.4
20	5.2
30	10.2

**Cuadro No. 2.- Número de larvas Consumidas por Tropisternus-  
sp. (Coleoptera:Hydrophilidae), en un sistema con dos alter-  
nativas.**

DENSIDAD	NUMERO DE PRESAS CONSUMIDAS	
	<u>Culex pipiens</u>	<u>Chironomus</u> sp.
1	0.0	0.4
2	0.2	1.2
3	0.8	2.0
5	0.6	4.2
7	1.2	3.8
10	1.0	5.8

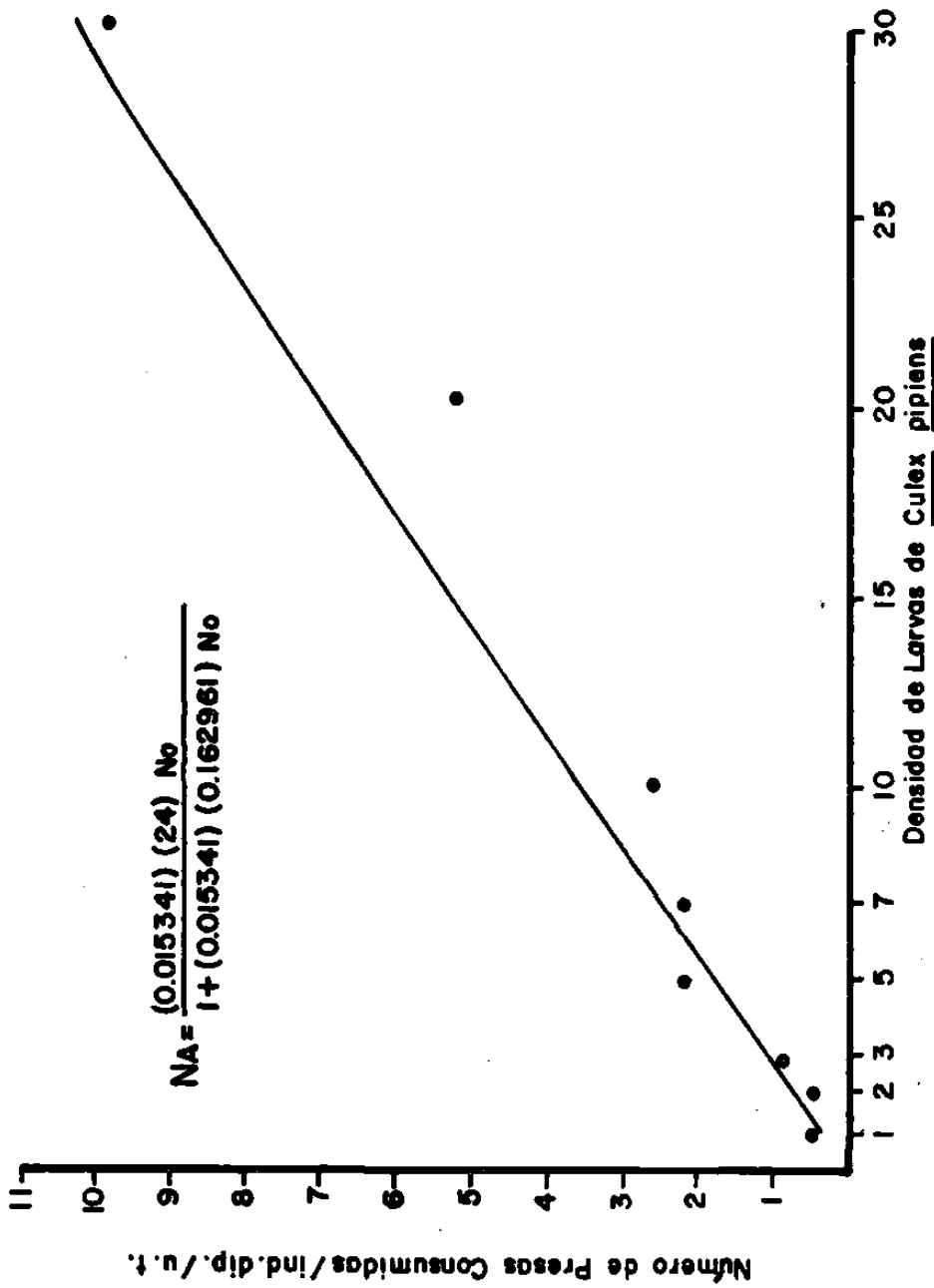


Gráfica No. 1.-Representación gráfica de los resultados de la capacidad depredadora de *Tropisternus* sp. (Coleoptera: Hydrophilidae), analizados mediante la regresión lineal.



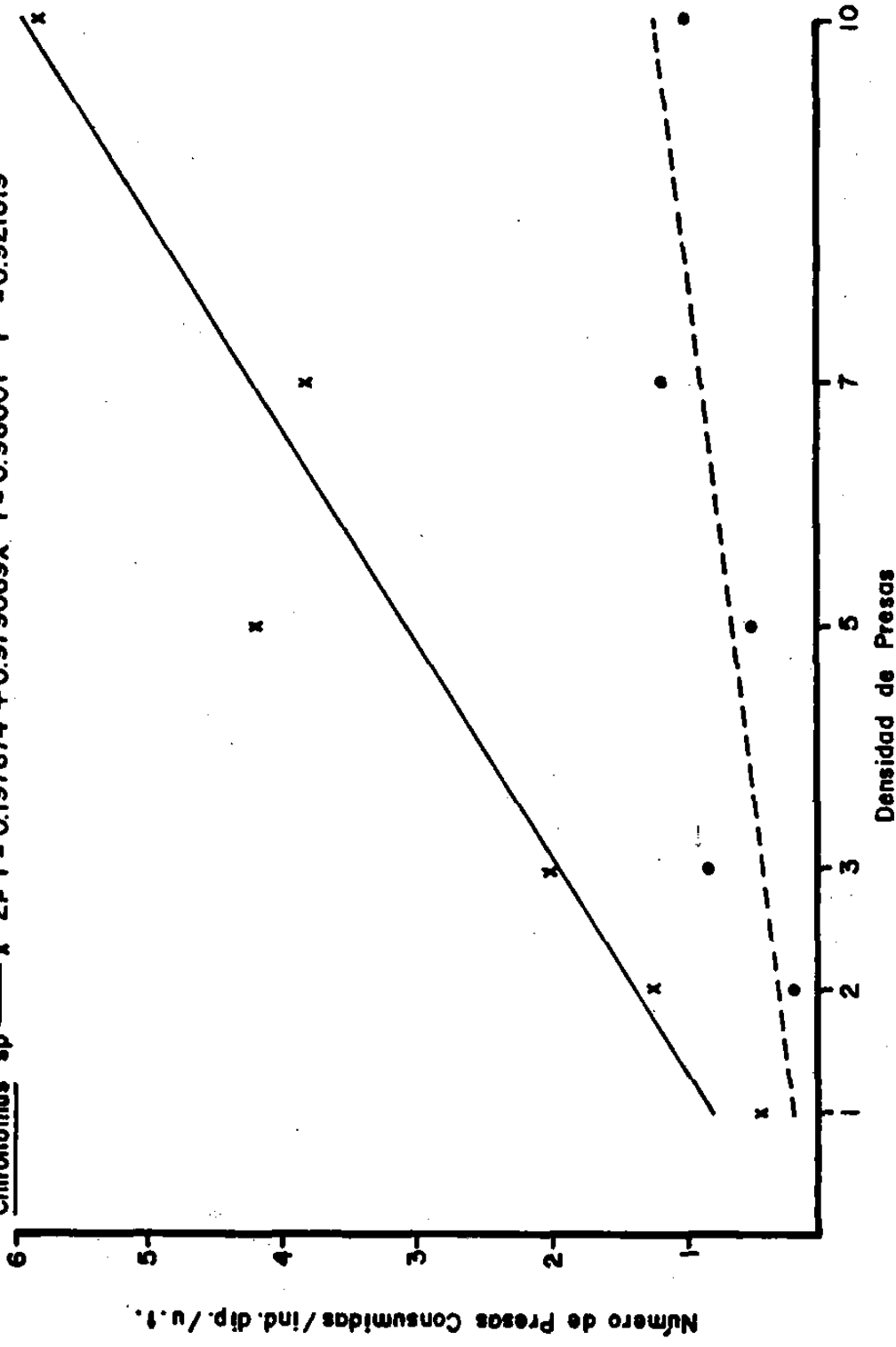
Gráfica No. 2.- Representación gráfica de los resultados de la capacidad depredadora de *Tropisternus* sp. (Coleoptera:Hydrophilidae) analizados mediante la ecuación tipo II de la respuesta funcional de Holling.



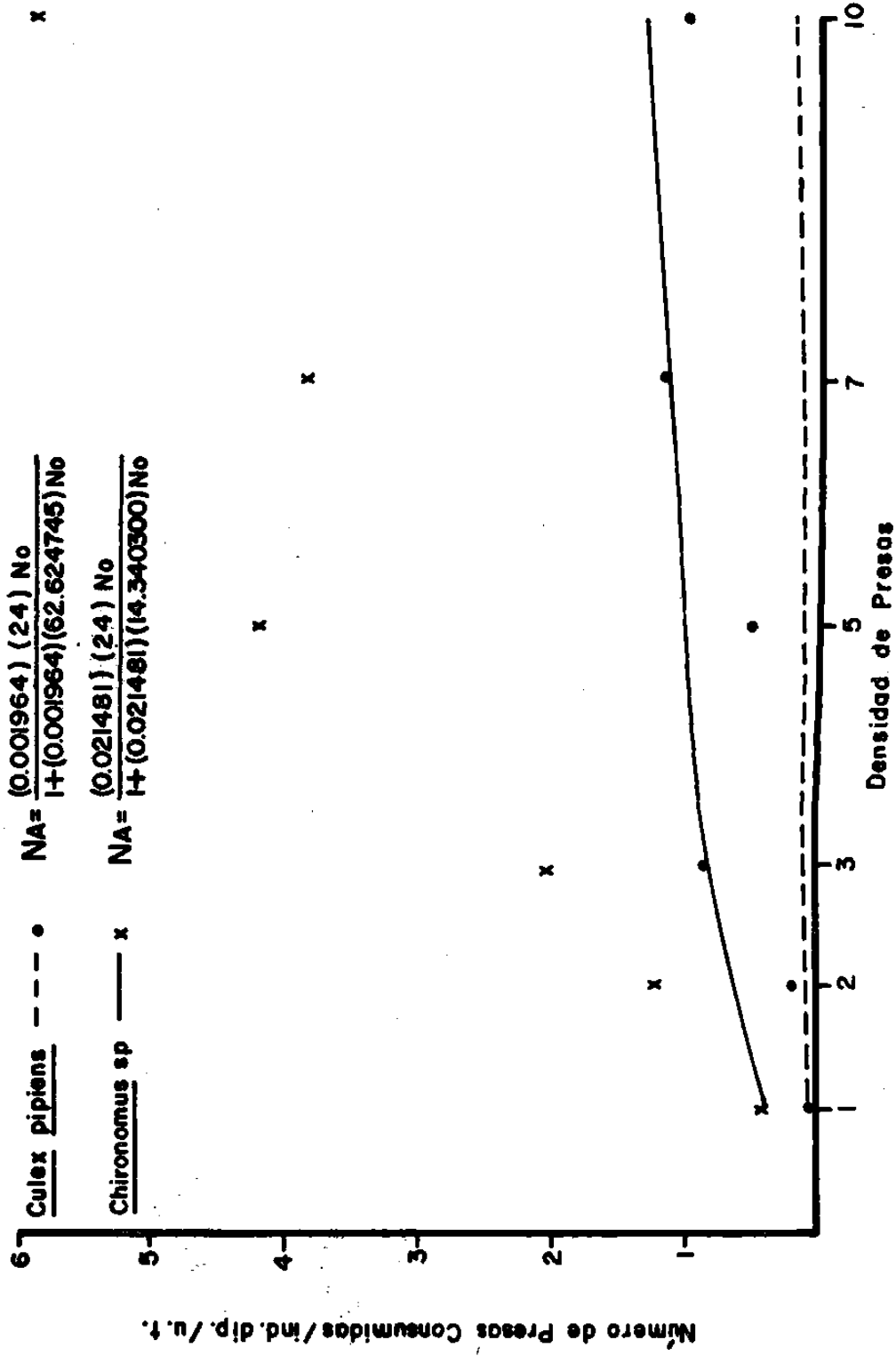


Gráfica No. 3.- Representación gráfica de los resultados de la capacidad depredadora de *Tropisternus* sp. (Coleoptera: Hydrophilidae), analizados mediante la ecuación de respuesta funcional de Rogers.

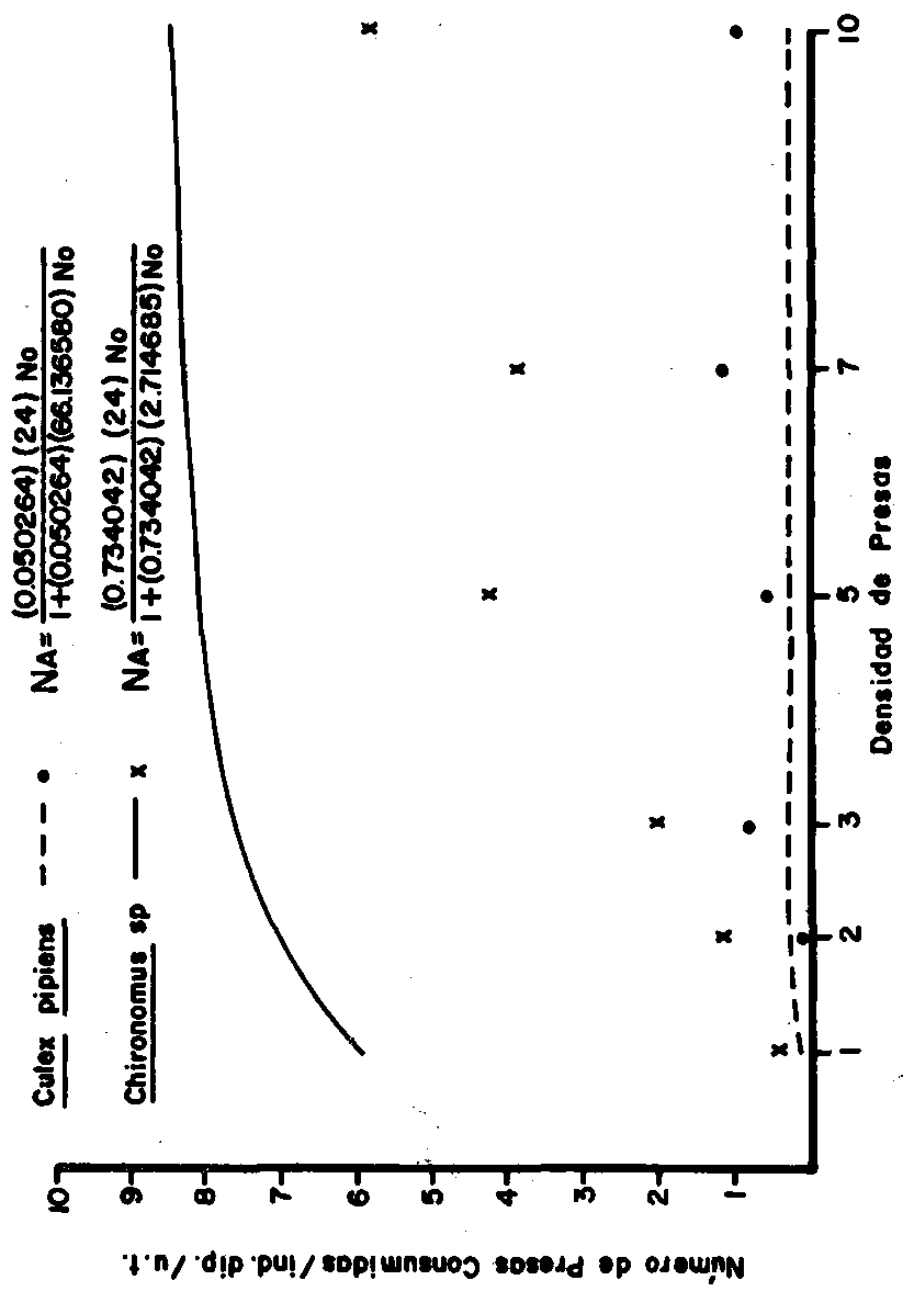
Culex pipiens --- ● 1-  $Y = 0.093023 + 0.112209X$   $r = 0.81443$   $r^2 = 0.663296$   
 Chironomus sp --- x 2-  $Y = 0.197674 + 0.979069X$   $r = 0.96001$   $r^2 = 0.921619$



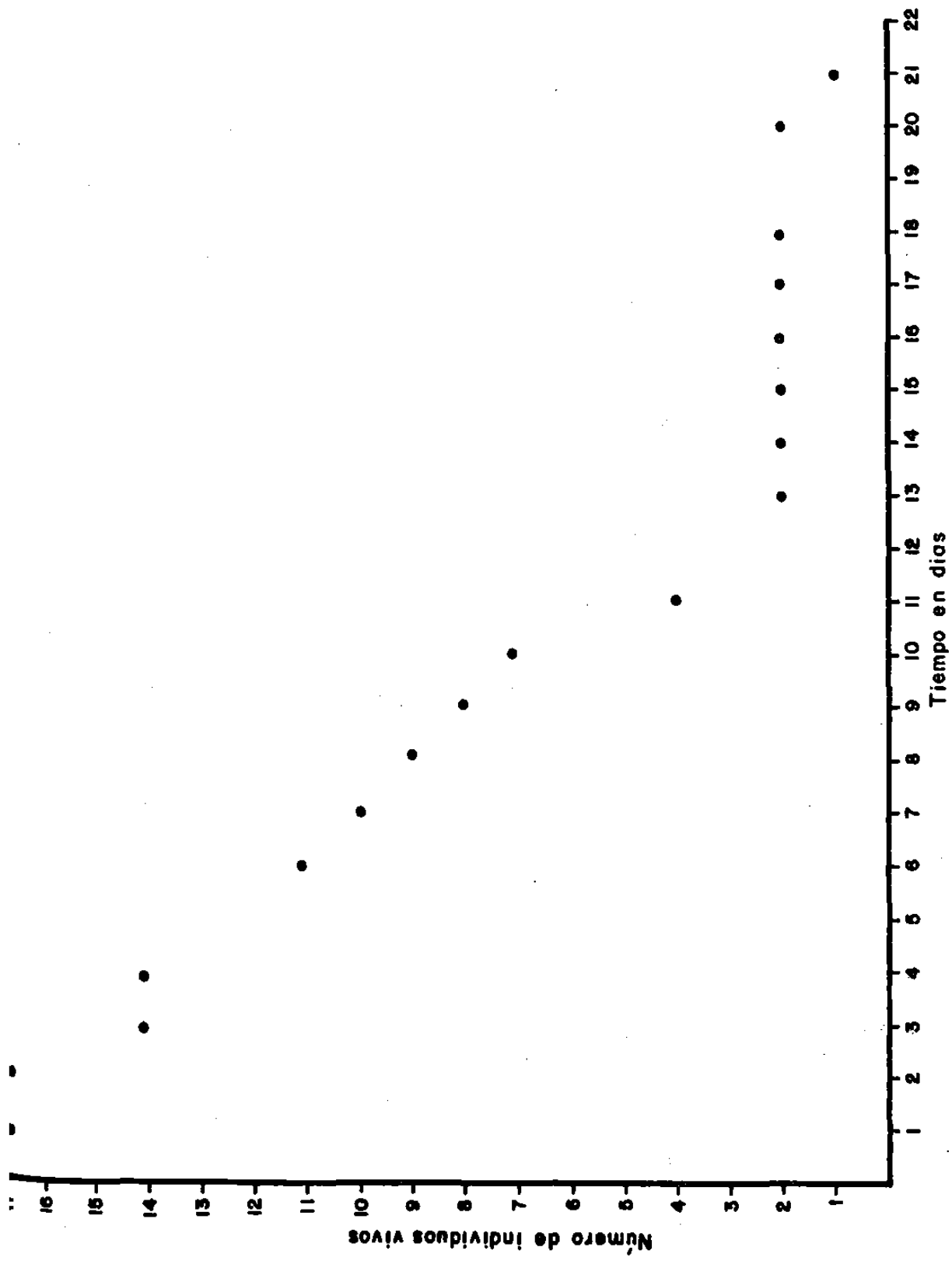
Gráfica No. 4.- Representación gráfica de los resultados de la de la selectividad de presas de Tropisternus sp. (Coleoptira : Hydrophilidae), analizados mediante la regresión lineal.



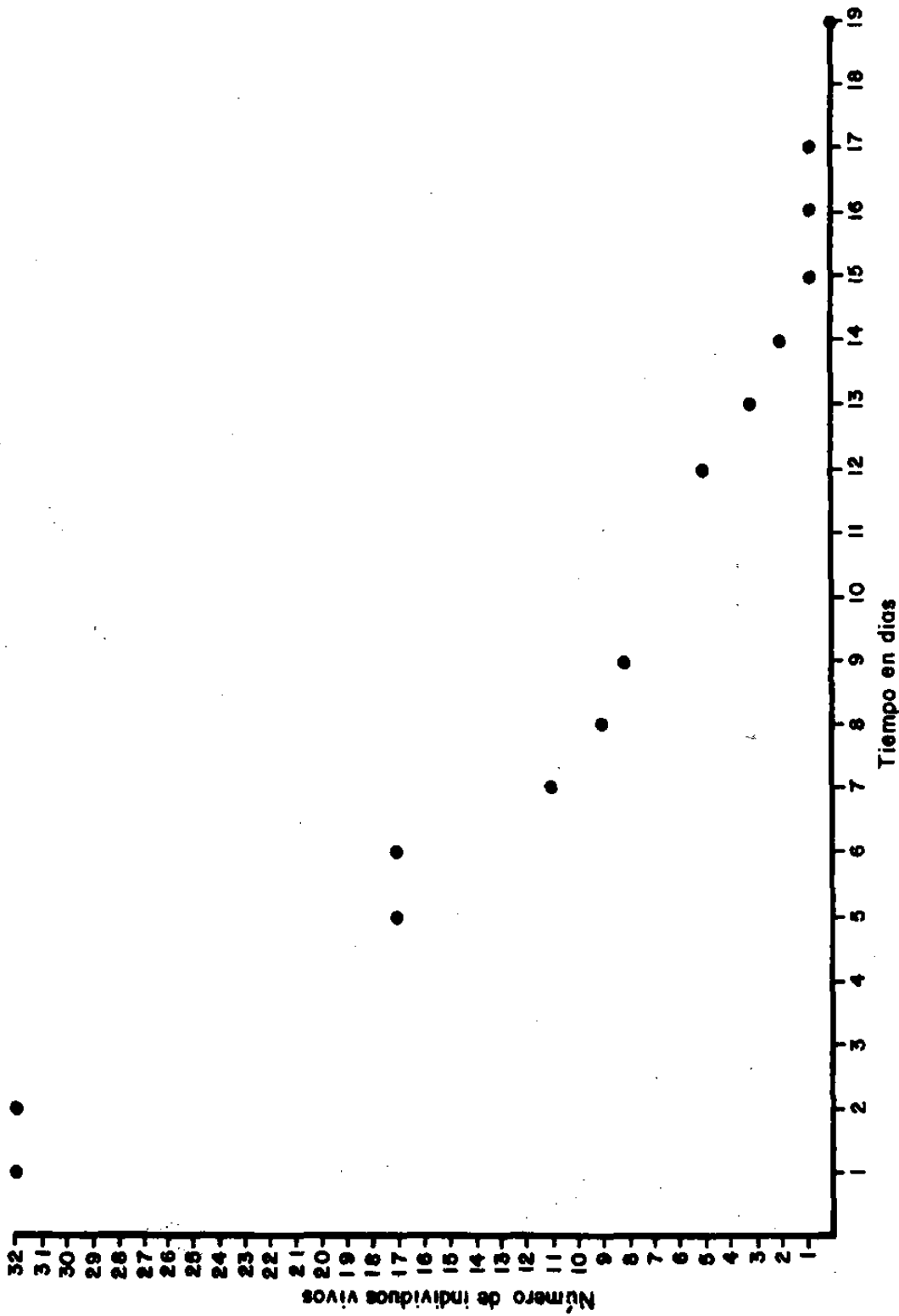
Gráfica No. 5.- Representación gráfica de los resultados de la selectividad de presas de Tropisternus sp. (Coleoptera : Hydrophilidae), analizados mediante la ecuación tipo II de la respuesta funcional de Holling.



Gráfica No. 6.- Representación gráfica de los resultados de la selectividad de *Tropisternus* sp. (Coleoptera: Hydrophilidae), analizados mediante la ecuación de la respuesta funcional de Rogers.



Grafica No. 7.- Curva de Mortalidad y sobrevivencia tipo III de Tropisternus sp. con la maxima esperanza de vida de 17.5 en la edad pivote de 20 dias.



Grafica No. 8.-Curva de mortalidad y sobrevivencia Tipo III de Tropisternus sp., con la máxima esperanza de vida de 33.5 en la edad pivote de 15 días.

x	lx	dx	Lx	Tx	ex	qx	qrx
1	17	0	17.0	117.5	6.9117	0.0000	0.0000
2	17	3	15.5	102.0	6.0000	17.6470	17.6470
3	14	0	14.0	88.0	6.2857	0.0000	0.0000
4	14	3	12.5	75.5	5.3928	21.4285	17.6470
6	11	1	10.5	65.0	5.9090	9.0909	5.8823
7	10	1	9.5	55.5	5.5500	10.0000	5.8823
8	9	1	8.5	47.0	5.2222	11.1111	5.8823
9	8	1	7.5	39.5	4.9375	12.5000	5.8823
10	7	3	5.5	34.0	4.8571	42.8571	17.6470
11	4	2	3.0	31.0	7.7500	50.0000	11.7647
13	2	0	2.0	29.0	14.5000	0.0000	0.0000
14	2	0	2.0	27.0	13.5000	0.0000	0.0000
15	2	0	2.0	25.0	12.5000	0.0000	0.0000
16	2	0	2.0	23.0	11.5000	0.0000	0.0000
17	2	0	2.0	21.0	10.5000	0.0000	0.0000
18	2	0	2.0	19.0	9.5000	0.0000	0.0000
20	2	1	1.5	17.5	17.5000	50.0000	5.8823
21	1	1	0.5	17.0	17.0000	100.0000	5.8823

TABLA NO.1- Tabla de Mortalidad y Supervivencia de Tropisternus sp. con la maxima esperanza de vida de 17.5 en la edad pivote de 20 dias.

x	lx	dx	Lx	Tx	ex	qx	rx
1	32	0	32.0	123.0	3.8437	0.0000	0.0000
2	32	15	24.5	98.5	3.0781	46.8750	46.875
5	17	0	17.0	81.5	4.7941	0.0000	0.0000
6	17	6	14.0	67.5	3.9705	35.2941	18.75
7	11	2	10.0	57.5	5.2272	18.1818	6.25
8	9	1	8.5	49.0	5.4444	11.1111	3.125
9	8	3	6.5	42.5	5.3125	37.5000	9.375
12	5	2	4.0	38.5	7.7000	40.000	6.25
13	3	1	2.5	36.0	12.0000	33.3333	3.125
14	2	1	1.5	34.5	17.2500	50.000	3.125
15	1	0	1.0	33.5	33.5000	0.0000	0.000
16	1	0	1.0	32.5	32.5000	0.0000	0.000
17	1	1	0.5	32.0	32.0000	100.0000	3.125

TABLA NO.2.- Tabla de mortalidad y sobrevivencia de *Tropisternus* sp. con la máxima esperanza de vida de 33.5 en la edad pivote de 15 días.



